Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale„ n. 37 del 15 febbraio 1994 - Serie generale

Spedizione in abbonamento postale - Gruppo I (70%)

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA **Roma - Martedì, 15 febbraio 1994** SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DI GRAZIA E GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00100 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00100 ROMA - CENTRALINO 85081

N. 26

MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

DECRETO MINISTERIALE 30 novembre 1993, n. **591.**

Regolamento concernente la determinazione dei campioni nazionali di talune unità di misura del Sistema internazionale (SI) in attuazione dell'art. 3 della legge 11 agosto 1991, n. 273.

SOMMARIO

MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

DECRETI, DELIBERE E ORDINANZE MINISTERIALI

MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

DECRETO 30 novembre 1993, n. **591.**

Regolamento concernente la determinazione dei campioni nazionali di talune unità di misura del Sistema internazionale (SI) in attuazione dell'art. 3 della legge 11 agosto 1991, n. 273.

IL MINISTRO DELL'INDUSTRIA
DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

Vista la legge 11 agosto 1991, n. 273, che istituisce il Servizio nazionale di taratura e in particolare, gli articoli 3 e 6;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 12 agosto 1982, n. 802, e successive modificazioni ed integrazioni, che disciplina le unità di misura legali, comprendenti le unità di misura SI di base, supplementari e derivate;

Visto l'art. 17, comma 3, della legge 23 agosto 1988, n. 400, sulla disciplina dell'attività di Governo e sull'ordinamento della Presidenza del Consiglio dei Ministri;

Viste le proposte avanzate dagli istituti metrologici primari in merito alla determinazione dei campioni nazionali di talune unità di misura SI di base, supplementari e derivate;

Considerato che occorre provvedere alla determinazione di detti campioni nazionali;

Visto il parere reso dal Comitato centrale metrico nella riunione del 16 luglio 1992;

Vista l'intesa espressa dal Ministro dell'università e della ricerca scientifica e tecnologica con la nota n. EV/1237/A-6.5.-1 del 18 dicembre 1992;

Udito il parere del Consiglio di Stato espresso nell'adunanza generale del 24 giugno 1993;

Vista la comunicazione al Presidente del Consiglio dei Ministri in data 30 luglio 1993 con nota n. 175630;

ADOTTA

il seguente regolamento:

Art. 1.

1. I campioni nazionali delle unità di misura SI di base, supplementari e derivate previsti dall'art. 3 della legge 11 agosto 1991, n. 273, sono fissati nell'allegato I al presente regolamento.

2. La descrizione dei predetti campioni e la determinazione delle relative incertezze sono contenute nell'allegato II.

Art. 2.

1. Con successivi decreti si provvederà ad apportare integrazioni e aggiornamenti agli allegati I e II richiamati nell'articolo precedente.

2. Le disposizioni del presente regolamento hanno effetto dal primo giorno del secondo mese successivo a quello della pubblicazione dello stesso nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica.

Il presente decreto, munito del sigillo dello Stato, sarà inserito nella Raccolta ufficiale degli atti normativi della Repubblica italiana. È fatto obbligo a chiunque spetti di osservarlo e di farlo osservare.

Roma, 30 novembre 1993

Il Ministro: SAVONA

Visto, *il Guardasigilli:* CONSO
Registrato alla Corte dei conti il 18 gennaio 1994
Registro n. 1 Industria, foglio n. 2

ALLEGATO I

Cap. I

CAMPIONI NAZIONALI DI UNITÀ «SI» DI BASE

1. GRANDEZZA: LUNGHEZZA

Unità di misura: metro

Simbolo dell'unità: m

Il campione nazionale di lunghezza è realizzato dall'Istituto di Metrologia «G. Colonnetti» del CNR (IMGC) tramite una radiazione monocromatica di luce coerente, assegnando alla frequenza il valore fornito dal Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure e alla velocità della luce nel vuoto il valore 299 792 458 m/s stabilito dalla XVII Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure. Esso è conservato mediante una coppia di laser elio-neo stabilizzati per riferimento a una componente di struttura iperfine della transizione 11-5 R(127) della molecola dello iodio 127, la cui lunghezza d'onda in vuoto è nota con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di di $\pm 3{,}4 \cdot 10^{-10}$.

2. GRANDEZZA: MASSA

Unità di misura: kilogrammo

Simbolo dell'unità: kg

Il campione nazionale di massa è la copia n. 62 del Kilogrammo Prototipo Internazionale (KPI), costruita nel 1973 dall'Ufficio Internazionale dei Pesi e delle Misure (BIPM) di Sèvres, ed è conservato dall'Istituto di Metrologia «G. Colonnetti» del CNR (IMGC). Esso reca il numero 62 inciso sulla superficie laterale ed è conservato ed impiegato secondo i criteri indicati dal Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure.

La massa del campione nazionale, determinata per confronto con il KPI, è pari a 0,999 999 051 kg, con incertezza, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm$ 8 µg.

La relazione tra la massa del campione nazionale e la massa del prototipo nazionale, copia n. 5 del KPI di cui al Regio Decreto del 23 agosto 1890, è periodicamente verificata mediante confronti diretti o indiretti tra le due masse. Il prototipo nazionale è conservato dall'Ufficio Centrale Metrico, ai fini dei compiti istituzionali ad esso assegnati e confermati dall'art. 2, comma 4, della legge 11 agosto 1991, n. 273.

3. GRANDEZZA: TEMPO

Unità di misura: secondo

Simbolo dell'unità: s

Il campione nazionale di tempo è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) tramite un oscillatore agganciato in permanenza alla frequenza propria della transizione quantica dell'atomo di cesio stabilita dalla XIII Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (1967) con la definizione del secondo. Esso è conservato mediante un orologio atomico a fascio di cesio, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 3 \cdot 10^{-13}$ per tempo di integrazione superiore a 10^5 s.

La scala di tempo nazionale è generata dall'IEN dal campione nazionale di tempo; essa prende il nome di UTC(IEN). La datazione di un evento sulla scala UTC(IEN) è effettuabile con incertezza, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm$ 50 ns.

La differenza tra la scala UTC(IEN) e la scala internazionale UTC (Tempo Universale Coordinato), elaborata dall'Ufficio Internazionale dei Pesi e delle Misure, è mantenuta entro il limite di $\pm$ 2 µs.

4. GRANDEZZA: INTENSITÀ DI CORRENTE ELETTRICA

Unità di misura: ampere

Simbolo dell'unità: A

Il campione nazionale di intensità di corrente elettrica è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) per derivazione dai campioni nazionali di tensione elettrica e di resistenza elettrica. Esso è conservato mediante un gruppo di resistori e apparati di tipo potenziometrico, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di :f. $\pm 1{,}5 \cdot 10^{-6}$ per intensità di corrente elettrica da 100 µA a 1 A.

5. GRANDEZZA: TEMPERATURA TERMODINAMICA

Unità di misura: kelvin

Simbolo dell'unità: K

Il campione nazionale di temperatura termodinamica è realizzato dall'Istituto di Metrologia «G. Colonnetti» del CNR (IMGC) tramite la Scala di Temperatura Internazionale del 1990 (STI-90), secondo le prescrizioni fornite dal Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure. Essa è conservata tra 24,6 K e 2500 K mediante:

punti fissi di temperatura;
termometri interpolatori a resistenza di platino, per temperatura da 24,6 K a 1235 K, e termometri a radiazione, per temperatura da 1235 K a 2500 K.

L'incertezza, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, è compresa tra 0,1 mK e 2,5 mK per temperatura da 24,6 K a 1235 K e tra 0,025 K e 0,3 K per temperatura tra 1235 K e 2500 K.

La temperatura termodinamica può essere espressa anche ricorrendo all'unità grado Celsius (simbolo C). La differenza tra la temperatura espressa in kelvin (indicata con T) e la temperatura espressa in gradi Celsius (indicata con t) è: $T/K - t/C = 273{,}15$.

6. GRANDEZZA: INTENSITÀ LUMINOSA

Unità di misura: candela

Simbolo dell'unità: cd

Il campione nazionale di intensità luminosa è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) per derivazione dai campioni nazionali di tensione elettrica e di resistenza elettrica tramite un radiometro assoluto, adottando per il coefficiente di visibilità alla frequenza di 540 THz il valore 683 cd sr W^{-1}, adottato dalla XVI Conferenza generale dei pesi e delle misure. Esso è conservato mediante un gruppo di lampade ad incandescenza, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ per intensità luminosa da 100 cd a 500 cd.

Cap. II

CAMPIONI NAZIONALI DI UNITÀ SI SUPPLEMENTARI

1. GRANDEZZA: ANGOLO PIANO

Unità di misura: radiante

Simbolo dell'unità: rad

Il campione nazionale di angolo piano è realizzato dall'Istituto di Metrologia «G. Colonnetti» del CNR (IMGC) sia per divisione del cerchio a partire dall'angolo giro (360^{-0} = 2 = rad) sia per derivazione dal campione nazionale di lunghezza mediante il rapporto di due lunghezze collegate tra loro da una relazione trigonometrica. Esso è conservato mediante apparati basati su tavola a indice e barra seno, con incertezza, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm$ 0,24 µrad ($\pm$ 0,05").

Cap. III

CAMPIONI NAZIONALI DI UNITÀ SI DERIVATE

1. GRANDEZZA: MASSA VOLUMICA (densità)

Unità di misura: kilogrammo al metro cubo

Simbolo dell'unità: kg/m^3

Il campione nazionale di massa volumica è realizzato dall'Istituto di Metrologia «G. Colonnetti» del CNR (IMGC) per derivazione dai campioni nazionali di massa e di lunghezza. Esso è conservato mediante un gruppo di sfere di silicio monocristallino, la cui massa volumica è nota con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 7 \cdot 10^{-7}$.

2. GRANDEZZA: PORTATA IN MASSA

Unità di misura: kilogrammo al secondo

Simbolo dell'unità: kg/s

Il campione nazionale di portata in massa è realizzato dall'Istituto di Metrologia «G. Colonnetti» del CNR (IMGC) per derivazione dai campioni nazionali di massa e di tempo. Esso è conservato mediante un impianto basato sulla misurazione diretta della massa di acqua deionizzata effluita nell'unità di tempo attraverso una sezione di prova, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 4 \cdot 10^{-1}$ per portata in massa da 0,2 kg/s a 5 kg/s, con pressione di linea da 100 kPa a 500 kPa e temperatura da 18 °C a 30 °C.

3. GRANDEZZA: FORZA

Unità di misura: newton

Simbolo dell'unità: N

Il campione nazionale di forza è realizzato dall'Istituto di Metrologia «G. Colonnetti» del CNR (IMGC) per derivazione dal campione nazionale di massa e tramite la misurazione dell'accelerazione di gravità locale. Esso è conservato mediante macchine generatrici di forza, dette a pesi diretti, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 2{,}5.10^{-5}$ per forza da 2 N a 100&rbl.kN.

4. GRANDEZZA PRESSIONE

Unità di misura: pascal

Simbolo dell'unità Pa

Il campione nazionale di pressione è realizzato dall'Istituto di Metrologia «G. Colonnetti» del CNR (IMGC) per derivazione dai campioni nazionali di lunghezza e di massa e tramite la misurazione dell'accelerazione di gravità locale. Esso è conservato mediante un manobarometro a colonna di mercurio ed un gruppo di accoppiamenti meccanici a pistone e cilindro, con masse caricate sul pistone, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, da $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ a $\pm 5 \cdot 10^{-1}$ a seconda del valore di pressione (da 100 Pa a 1 GPa) e del mezzo impiegato (liquido o gassoso).

5. GRANDEZZA PRESSIONE SONORA

Unità di misura: pascal

Simbolo dell'unità Pa

Il campione nazionale di pressione sonora (o acustica) è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) utilizzando microfoni reversibili, la cui sensibilità è stata determinata con la tecnica nota come *della reciprocità in accoppiatore chiuso* per derivazione dai campioni nazionali di pressione, di resistenza elettrica, di lunghezza e di tempo. Esso è conservato mediante un gruppo di microfoni a condensatore, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 6 \cdot 10^{-3}$ per pressione sonora in aria da 0,3 Pa a 1 Pa, con frequenza da 125 Hz a 2,5 kHz.

6. GRANDEZZA POTENZA ELETTRICA

Unità di misura: watt

Simbolo dell'unità: W

Il campione nazionale di potenza elettrica è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) per derivazione dai campioni nazionali di tensione elettrica e di resistenza elettrica. Esso è conservato mediante un generatore di tensione elettrica ed un gruppo di resistori, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ nei campi da 1 V a 10 V per la tensione elettrica e da 100 µA a 1 A per l'intensità di corrente elettrica.

7. GRANDEZZA TENSIONE ELETTRICA, POTENZIALE ELETTRICO, FORZA ELETTROMOTRICE

Unità di misura: volt

Simbolo dell'unità: V

Il campione nazionale di tensione elettrica è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) per derivazione dal campione nazionale di tempo, tramite l'effetto Josephson, adottando per la costante omonima K_J il valore stabilito dal Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure (il valore adottato dal 1° gennaio 1990 è K_{J-90} = 483/597,9 GHz/V). Esso è conservato mediante un gruppo di generatori di tensione di tipo elettrochimico ed elettronico, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ per tensione elettrica da 1 V a 10 V.

8. GRANDEZZA INTENSITÀ DI CAMPO ELETTRICO

Unità di misura volt al metro

Simbolo dell'unità: V/m

Il campione nazionale di intensità di campo elettrico è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) per derivazione dai campioni nazionali di tensione elettrica e di lunghezza. Esso è conservato mediante un condensatore elettrico con elettrodi piani e paralleli e con dispositivo di guardia, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 1,5 \cdot 10^{-3}$ per intensità di campo elettrico da 10 V/m a 60 kV/m, alla frequenza di 50 Hz.

9. GRANDEZZA RESISTENZA ELETTRICA

Unità di misura: ohm

Simbolo dell'unità: Ω

Il campione nazionale di resistenza elettrica è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) mediante l'effetto Hall quantistico, adottando per la costante di von Klitzing R_K il valore stabilito dal Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure (il valore adottato dal 1° gennaio 1990 è R_{K-90} = 25 812,807 Ω). Esso è conservato mediante un gruppo di resistori, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 3 \cdot 10^{-7}$ per resistenza elettrica da 1 Ω a 10 kΩ.

10. GRANDEZZA CAPACITÀ ELETTRICA

Unità di misura: farad

Simbolo dell'unità: F

Il campione nazionale di capacità elettrica è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) per derivazione dai campioni nazionali di resistenza elettrica e di tempo tramite confronto di impedenze in regime alternato sinusoidale. Esso è conservato mediante un gruppo di condensatori, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ per capacità elettrica da 10 pF a 1 nF, alla frequenza angolare di 10 krad/s.

11. GRANDEZZA FLUSSO DI INDUZIONE MAGNETICA

Unità di misura: weber

Simbolo dell'unità: Wb

Il campione nazionale di flusso di induzione magnetica è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) per derivazione dai campioni nazionali di intensità di corrente elettrica e di induttanza. Esso è conservato mediante un mutuo induttore, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 1,5 \cdot 10^{-3}$ per flusso di induzione magnetica da 1 µWb a 10 mWb

12. GRANDEZZA INDUZIONE MAGNETICA

Unità di misura: tesla

Simbolo dell'unità: T

Il campione nazionale di induzione magnetica è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G Ferraris» (IEN) per derivazione dai campioni nazionali di intensità di corrente elettrica e di lunghezza. Esso è conservato mediante una coppia di bobine di Helmholtz con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 3 \cdot 10^{-3}$ per induzione magnetica da 1 mT a 25 mT.

13. GRANDEZZA INDUTTANZA

Unità di misura: henry

Simbolo dell'unità: H

Il campione nazionale di induttanza è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G Ferraris» (IEN) per derivazione dai campioni nazionali di resistenza e di tempo tramite confronto di impedenze in regime sinusoidale. Esso è conservato mediante un gruppo di induttori con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ per induttanza da 1 mH a 1 H, alla frequenza angolare di 10 krad/s.

14. GRANDEZZA FLUSSO LUMINOSO

Unità di misura lumen

Simbolo dell'unità: lm

Il campione nazionale di flusso luminoso è realizzato dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» (IEN) per derivazione dal campione nazionale di intensità luminosa tramite un goniofotometro integratore. Esso è conservato mediante un gruppo di lampade ad incandescenza, con incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, di $\pm 6 \cdot 10^{-3}$ per flusso luminoso da 2000 lm a 3000 lm.

15. GRANDEZZA: ATTIVITÀ (DEI RADIONUCLIDI)
Unità di misura: becquerel
Simbolo dell'unità: Bq

Il campione nazionale di attività è realizzato dall'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA) per derivazione dal campione nazionale di tempo. Esso è conservato mediante sorgenti di radionuclidi e apparati di misurazione per radiazione nucleare basati su contatori proporzionali e rivelatori a scintillazione. L'incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, è compresa fra $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ e $\pm 3 \cdot 10^{-2}$ a seconda del tipo di radionuclide, per attività da 1 kBq a 20kBq.

16. GRANDEZZA: DOSE ASSORBITA
Unità di misura: gray
Simbolo dell'unità: Gy

Il campione nazionale di dose assorbita è realizzato dall'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA) per derivazione dai campioni nazionali di massa, di resistenza elettrica, di tensione elettrica, di capacità elettrica e di tempo. Esso è conservato:

- per dose assorbita in grafite mediante impianti per la produzione di fasci di elettroni e di fotoni con energia massima compresa fra 1 MeV e 20 MeV e mediante un calorimetro in grafite o una camera a ionizzazione a cavità con pareti di grafite. L'incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, è pari a $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ per dose assorbita in grafite da 0,1 Gy a 30 Gy, con rateo di dose assorbita da $\pm 2 \cdot 10^{-3}$ Gy s^{-1} a $3 \cdot 10^{-2}$ Gy s^{-1};
- per dose assorbita in mezzo *tessuto equivalente* mediante sorgenti di radiazione β da $^{90}Sr + ^{90}Y$, da ^{147}Pm e da ^{204}Tl e mediante una camera a ionizzazione del tipo ad estrapolazione. L'incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, è pari a $\pm 3 \cdot 10^{-2}$ per dose assorbita in tessuto equivalente da $2 \cdot 10^{-4}$ Gy a $5 \cdot 10^{-1}$ Gy, con rateo di dose assorbita da $3 \cdot 10^{-7}$ Gy s^{-1} a $5 \cdot 10^{-4}$ Gy s^{-1}.

17. GRANDEZZA: DENSITÀ DI FLUSSO DI NEUTRONI
Unità di misura: neutroni al secondo al metro quadrato
Simbolo dell'unità: s^{-1} m^{-2}.

Il campione nazionale di densità di flusso di neutroni è realizzato dall'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA) per derivazione dai campioni nazionali di tempo e di lunghezza. Esso è conservato mediante sorgenti di neutroni e mediante apparati di misurazione che consentono di applicare il metodo del *bagno al solfato di manganese* e il metodo *dell'attivazione dell'oro* e della *differenza del cadmio*. L'incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, è pari a $\pm 3{,}7 \cdot 10^{-3}$ per neutroni veloci con flusso compreso tra $1 \cdot 10^{5}$ s^{-1} e $1 \cdot 10^{-7}$ s^{-1}, ed è pari a $\pm 8 \cdot 10^{-3}$ per neutroni termici con densità di flusso di $1 \cdot 10^{4}$ s^{-1} m^{-2}.

18. GRANDEZZA: ESPOSIZIONE
Unità di misura: coulomb al kilogrammo
Simbolo dell'unità: C kg^{-1}

Il campione nazionale di esposizione è realizzato dall'Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA) per derivazione dai campioni nazionali di massa, di tempo, di tensione elettrica e di capacità elettrica. Esso è conservato mediante impianti per la produzione di fasci di radiazione X e γ con energia massima compresa tra 7 keV e 1,25 MeV e mediante un gruppo di camere a ionizzazione del tipo ad aria libera ed a cavità. L'incertezza relativa, stimata a livello di una volta lo scarto tipo, è compresa tra $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ e $\pm 1 \cdot 10^{-2}$ per esposizione da $3 \cdot 10^{-7}$ C kg^{-1} a $4 \cdot 10^{-1}$ C kg^{-1}, con rateo di esposizione da $3 \cdot 10^{-8}$ C kg^{-1} s^{-1} a $2 \cdot 10^{-4}$ C kg^{-1} s^{-1}.

Il Ministro dell'industria
del commercio e dell'artigianato
SAVONA

ALLEGATO II

NOTE TECNICHE SUI CAMPIONI NAZIONALI

Introduzione

I campioni nazionali identificati nell'allegato I, sono in generale realizzati in conformità alle raccomandazioni del Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure e costituiscono rappresentazioni pratiche delle unità di misura SI che gli istituti metrologici primari mettono a disposizione ai fini della disseminazione.

Le incertezze indicate nell'articolato sono state stimate tutte a livello di una volta lo scarto tipo; è stata utilizzata la metodologia raccomandata nel 1981 dal Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure (Procès-Verbaux CIPM, volume 49, pp. A1-A12, 1981). Tale raccomandazione suddivide le incertezze in due categorie, a seconda del metodo utilizzato per stimare il loro valore numerico:

- *A:* quelle valutate ricorrendo a metodi statistici. Esse sono caratterizzate da scarti tipo stimati e dal numero di gradi di libertà. Quando è necessario, dovranno essere forniti i termini di covarianza;
- *B:* quelle valutate ricorrendo a metodi diversi da quelli statistici. Esse devono essere caratterizzate da termini che possano essere considerati come approssimazioni di scarti tipo. Quando è necessario, dovranno essere fornite analoghe approssimazioni dei termini di covarianza.

Le due categorie di incertezze vengono combinate tra loro con somma quadratica pesata.

In generale l'incertezza del campione nazionale e le sue componenti sono espresse in termini relativi; quando ciò non avviene è indicata l'unità di misura adottata per esprimere l'incertezza.

Nelle note tecniche sono riportate le seguenti informazioni:

- elementi aggiuntivi utili per l'identificazione del campione;
- le informazioni relative alle due categorie di incertezze, ciascuna delle quali è espressa a livello di una volta lo scarto tipo;
- i confronti internazionali ai quali ha partecipato il campione nazionale, in quanto i risultati di tali confronti documentano e confermano il valore stimato dell'incertezza;
- la metodologia utilizzata per la diagnosi di malfunzionamento del campione;
- le eventuali altre realizzazioni del campione nazionale, diverse da quella identificata nell'articolato, attuate secondo le raccomandazioni del Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure;
- gli eventuali campioni, direttamente derivati dal campione nazionale e realizzati e conservati dallo stesso istituto metrologico primario che conserva il campione nazionale dal quale derivano, necessari per estendere il campo di copertura delle misurazioni della grandezza alla quale si riferiscono;
- le eventuali informazioni essenziali per collocare correttamente il campione nazionale nell'ambito tecnico-scientifico internazionale;
- i riferimenti ad eventuali grandezze dipendenti dalle grandezze delle quali sono definiti i campioni nazionali.

Gli istituti metrologici primari elaborano procedure per la conservazione dei campioni nazionali. In generale, quando viene diagnosticato un comportamento anomalo in un campione nazionale o in una sua parte, si provvede all'esecuzione di controlli e, a seguito dei risultati ottenuti, alla eventuale sostituzione della parte che ha provocato i problemi. È prassi scientifica, costantemente seguita dagli istituti metrologici primari, effettuare la verifica metrologica del funzionamento del campione nazionale dopo interventi di sostituzione, o attraverso controlli interni (che possono arrivare alla realizzazione *ex novo* dell'intero esperimento per la realizzazione del campione), o tramite confronti internazionali.

1. CAMPIONI NAZIONALI DI UNITÀ «SI» DI BASE

1. *Campione nazionale di lunghezza*

I due laser elio-neo, che costituiscono, funzionando congiuntamente, il campione nazionale di lunghezza, operano con cella di iodio interna alla cavità. La temperatura del punto freddo della cella è mantenuta a 15 °C $\pm$ 1 °C; la potenza all'interno della cavità è mantenuta tra 5 mW e 15 mW.

Ciascuno dei due laser dispone di un sistema per la stabilizzazione della frequenza con il metodo detto *della terza armonica*. Completa l'apparato la strumentazione per la misura della differenza di frequenza fra le radiazioni emesse dai due laser stabilizzati, che consente anche la misura degli intervalli di frequenza tra le componenti osservabili nei singoli laser, nonché la strumentazione per il controllo delle condizioni di impiego raccomandate dal CIPM.

Per agganciare la cavità ad una componente di struttura iperfine della transizione 11-5 R(127) della molecola dello iodio 127, componente che costituisce il riferimento di frequenza per il campione, la cavità è modulata con un'ampiezza di modulazione equivalente ad una escursione di frequenza di 6 MHz.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale è pari a $\pm$ 3,4 $\cdot$ 10^{-10} ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B.

La componente di tipo A è determinata misurando la differenza di frequenza delle radiazioni emesse dai due laser: tale differenza, espressa in termini relativi, risulta contenuta entro $\pm$ 2 $\cdot$ 10^{-11}.

La componente di tipo B è dovuta all'incertezza con la quale è nota la frequenza raccomandata: al valore 473 612 214,8 MHz per la componente «i» della transizione è associata una incertezza relativa, definita dal CIPM sulla base delle determinazioni di frequenza disponibili fino al 1983, di $\pm$ 3,4 $\cdot$ 10^{-10}.

Alla componente «i» della transizione corrisponde una lunghezza d'onda in vuoto di 632 991 398,1 fm.

Per quanto concerne le altre componenti della transizione, l'utilizzazione di due laser consente di determinare la differenza di frequenza tra le diverse componenti di struttura iperfine, tutte tra loro equivalenti come riferimento di frequenza; la differenza di frequenza tra le diverse componenti è nota a meglio di $\pm$ 1 $\cdot$ 10^{-11}. Pertanto a tutte le componenti è associabile la stessa incertezza complessiva.

3. Il campione nazionale è stato confrontato nel 1981 con il campione realizzato dal BIPM: la differenza relativa tra le due realizzazioni è risultata inferiore a $\pm$ 1 $\cdot$ 10^{-11}.

4. Il corretto funzionamento del campione nazionale è verificato mediante l'osservazione del segnale all'ingresso dell'integratore dei sistemi di stabilizzazione e mediante il reciproco controllo tra i due laser attraverso la misura della differenza tra le due frequenze emesse.

5. Seguendo le raccomandazioni del CIPM l'IMGC realizza e conserva anche laser stabilizzati assumendo come riferimento una componente di struttura iperfine della transizione 9-2 R(47) della molecola dello iodio 127. Le modalità di realizzazione e di conservazione sono del tutto simili a quelle adottate per il campione nazionale, con l'eccezione che, in questo caso, da parte del CIPM è raccomandata unicamente la temperatura del punto freddo della cella, la quale è mantenuta a — 5 °C $\pm$ 2 °C.

Alla componente «o» di struttura iperfine di questa transizione è assegnato un valore di frequenza di 489 880 355,1 MHz, con incertezza relativa di $\pm$ 3,7 $\cdot$ 10^{-10}, la lunghezza d'onda in vuoto corrispondente vale 611 970 769,8 fm.

Anche questi campioni sono stati confrontati nel 1981 con analoghi campioni realizzati dal BIPM; la differenza misurata è stata di 2 $\cdot$ 10^{-10}

6. Presso l'IMGC sono stati realizzati anche campioni ottici di frequenza a diverse lunghezze d'onda nel visibile e nel vicino infrarosso dello spettro elettromagnetico, con lunghezze d'onda di 514 nm, 543 nm, 593 nm, 640 nm, 852 nm, 1,5 µm, 3,39 µm e 10 µm.

7. Nel 1985 l'IMGC ha firmato con il NIST (USA) un accordo nel quale i due istituti riconoscono l'equivalenza dei campioni nazionali di lunghezza da loro realizzati.

2. *Campione nazionale di massa*

1. Il campione nazionale di massa, copia n. 62 del Kilogrammo Prototipo Internazionale (KPI), è un cilindro di platino-iridio avente diametro di base ed altezza pari a circa 39 mm e densità di 21 546,64 kg/m^3, quest'ultima misurata dal BIPM all'atto della sua prima taratura nel 1974. Esso è conservato sotto doppia campana di vetro, all'interno di una cassaforte, nel laboratorio sotterraneo per le misure di massa dell'IMGC, in condizioni controllate di temperatura e umidità relativa. Le due chiavi della cassaforte sono affidate rispettivamente al Direttore dell'IMGC ed al conservatore del campione. Gli impieghi del campione nazionale vengono annotati nell'apposito registro conservato all'interno della cassaforte.

2. La massa del campione è stata determinata dal BIPM per confronto con il KPI, ottenendo 0,999 999 051 kg con incertezza pari a $\pm$ 8 µg (certificato BIPM n. 37 del 14 agosto 1974). Il campione nazionale è soggetto a periodica verifica della taratura per confronto con il KPI con cadenza stabilita dalla CGPM.

La relazione tra la massa del campione nazionale e la massa del prototipo nazionale, copia n. 5 del KPI di cui al T.U. delle leggi metriche di cui al Regio Decreto 23 agosto 1890, n. 7088, è periodicamente verificata mediante confronti diretti o indiretti tra le due masse. Il prototipo nazionale è conservato dall'Ufficio Centrale Metrico, nell'ambito dei compiti istituzionali ad esso assegnati e confermati dall'art. 2, comma 4, della legge 11 agosto 1991, n. 273.

3. La derivazione dei campioni secondari del kilogrammo dal campione nazionale è effettuata per confronto mediante il comparatore di massa installato presso l'IMGC, avente scarto tipo pari a $\pm$ 1 µg, installato nello stesso laboratorio in cui è conservato il campione nazionale. Prima di ogni confronto il campione nazionale ed i campioni secondari sono preparati secondo la procedura di pulizia stabilita dal CIPM.

Per i campioni secondari di acciaio inossidabile o di leghe speciali (densità compresa tra 7500 kg/m^3 e 9000 kg/m^3), la derivazione dal campione nazionale comporta sempre la necessità di determinare la densità dell'aria durante le operazioni di confronto, per tener conto della differenza di spinta aerostatica. Tale determinazione è effettuata presso l'IMGC sulla base della formula raccomandata dal CIPM e mediante la misurazione automatica dei parametri ambientali (pressione, temperatura e umidità). Dall'incertezza di tale determinazione dipende in modo preponderante l'incertezza attribuibile ai campioni secondari e quindi a tutta la scala dei multipli e sottomultipli.

Mediante l'impiego di strumenti periodicamente confrontati con i campioni nazionali di temperatura e di pressione e con il campione di umidità realizzato dall'IMGC, la determinazione della densità dell'aria durante i confronti è eseguita con un'incertezza inferiore a $\pm$ 0,000 24 kg/m^3. Ciò consente la derivazione dei campioni secondari in acciaio inossidabile con incertezza di $\pm$ 20 µg.

4. Per derivazione dal campione nazionale è realizzata la scala dei campioni di massa da 1 mg a 500 kg con incertezza relativa compresa tra $\pm$ 1 $\cdot$ 10^{-4} e $\pm$ 5 $\cdot$ 10^{-8} in funzione del valore nominale.

La scala dei campioni di massa è stata sottoposta ad una serie di confronti internazionali. Il più recente (1990) è stato un confronto tra campioni di 10 g e 50 g con il NPL, il PTB e il SP. I risultati hanno confermato le incertezze dichiarate.

Campione nazionale di quantità di sostanza

In generale non si realizza il campione di quantità di sostanza (unità mole, simbolo mol); si realizzano però campioni di grandezze la cui unità di misura è derivata dalla mole, come ad esempio i campioni necessari per le misurazioni di concentrazione

Le misure di quantità di sostanza si effettuano mediante misure di massa e sulla base della conoscenza delle masse atomiche relative

3. *Campione nazionale di tempo*

1. Il campione nazionale di tempo è conservato mediante un orologio atomico a fascio di cesio selezionato tra i cinque disponibili, conservati in un locale la cui temperatura è controllata entro $\pm$ 0,5 °C. La frequenza generata dall'orologio atomico selezionato viene corretta mediante un variatore continuo di fase per mantenerla in accordo, con un'incertezza di $\pm$ 2 $\cdot$ 10^{-13}, con con la frequenza media di UTC del BIPM ottenuta pesando statisticamente i dati relativi agli orologi atomici a fascio di cesio conservati presso gli istituti metrologici di diversi Paesi.

I segnali di tempo generati dagli orologi disponibili presso l'IEN sono confrontati tra di loro due volte al giorno mediante un misuratore di intervallo di tempo, in modo da poter rilevare eventuali anomalie di funzionamento.

Per consentire la datazione di eventi, in accordo con la risoluzione n. 5 della XV CGPM del 1975, dal campione nazionale viene generata la scala di tempo UTC(IEN), che può essere corretta di $\pm$ 1 s su indicazione dell'International Earth Rotation Service per mantenerla in accordo entro $\pm$ 0,9 s con la scala di tempo rotazionale terrestre UT1 (Tempo Universale). La disseminazione della scala di tempo nazionale è effettuata dall'IEN mediante opportuni segnali orari e tecniche di sincronizzazione diverse.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservata e resa disponibile l'unità di tempo della scala UTC(IEN) è pari a $\pm$ 3 $\cdot$ 10^{-13} ed è valutata considerando:

- l'instabilità di frequenza del campione atomico di riferimento, in un periodo di tempo compreso tra 1 e 30 giorni ($\pm$ 1 $\cdot$ 10^{-13}),
- la determinazione dello scarto tra la scala UTC(IEN), l'UTC del BIPM e quelle di altri laboratori metrologici primari, usando il sistema di sincronizzazione GPS (Global Positioning System), con la tecnica di misura *in vista comune* ($\pm$ 2 $\cdot$ 10^{-13});
- la determinazione della durata dell'unità di intervallo di tempo della scala UTC del BIPM rispetto alle migliori realizzazioni sperimentali dell'unità stessa con campioni primari di laboratorio ($\pm$ 2 $\cdot$ 10^{-14}).

3. Dai confronti internazionali eseguiti è risultato che nel 1990 e nel 1991 lo scarto relativo dell'unità di tempo della scala UTC(IEN) rispetto a UTC è compreso tra — $1{,}7 \cdot 10^{-13}$ e $+ 1{,}6 \cdot 10^{-13}$. Nei medesimi anni, la scala di tempo UTC(IEN) è stata mantenuta entro $\pm$ 2 µs rispetto alla scala di tempo UTC del BIPM.

4. La riferibilità dell'unità di intervallo di tempo della scala UTC(IEN) è assicurata attraverso confronti con la scala UTC mediante la ricezione dei segnali emessi dal sistema di satelliti GPS e dei segnali emessi dal sistema di navigazione Loran-C della Catena del Mare Mediterraneo. I risultati dei confronti tra gli orologi dell'IEN e tra questi ed i suddetti segnali sono messi mensilmente a disposizione del BIPM e di altri utenti su una apposita banca dati. Il BIPM comunica periodicamente, a posteriori, all'IEN gli scarti della scala di tempo UTC(IEN) rispetto alla scala UTC.

5. Nel 1985 l'IEN ha firmato con il NIST (USA) un accordo nel quale i due istituti riconoscono l'equivalenza dei campioni nazionali di tempo da loro realizzati.

Campione nazionale di frequenza

Dal campione nazionale di tempo è derivato il campione nazionale di frequenza (unità hertz, simbolo Hz); esso è conservato mediante gli stessi apparati usati per conservare il campione nazionale di tempo, con un'incertezza relativa di $\pm 3 \cdot 10^{-13}$ per frequenza da 1 MHz a 10 MHz.

4. *Campione nazionale di intensità di corrente elettrica*

1. Il campione nazionale di intensità di corrente elettrica è conservato mediante un gruppo di resistori con valori decadici da 0,1 Ω a 10 kΩ, i quali, unitamente a generatori di corrente elettrica, un generatore di tensione elettrica di riferimento, divisori resistivi e comparatori di corrente, consentono di produrre e misurare intensità di corrente elettrica in regime continuo da 100 µA a 1 A.

Il riferimento all'unità SI è stabilito dal complesso di esperimenti attuati dai principali laboratori metrologici per determinare le costanti di Josephson e di von Klitzing e riconducibili alla definizione dell'ampere attraverso le relazioni della teoria elettromagnetica classica.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale è pari a $\pm 1{,}5 \cdot 10^{-5}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti d'incertezza di tipo A e di tipo B.

La componente di tipo A dipende dal valore di intensità di corrente ed è contenuta entro $\pm 1{,}3 \cdot 10^{-6}$.

La componente di tipo B è stimata pari a $\pm 0{,}7 \cdot 10^{-6}$. Essa comprende le incertezze indicate dal CIPM per i valori in unità SI delle costanti K_{J-90} e R_{K-90} e le incertezze di tipo B introdotte dalle procedure di taratura dei resistori e degli altri strumenti impiegati.

3. Per il campione nazionale di intensità di corrente elettrica i confronti internazionali riguardano separatamente i campioni nazionali di tensione elettrica e di resistenza elettrica, come riportato nei paragrafi che li riguardano.

4. Il corretto comportamento del campione nazionale è verificato mediante la taratura periodica del gruppo di resistori che lo compongono e l'esame dell'andamento temporale del valore di ogni singolo resistore rispetto alla media dei valori del gruppo.

5. Per forti intensità di corrente elettrica in regime continuo l'IEN realizza e conserva un campione costituito da una apparecchiatura per misure di intensità di corrente mediante misure di tensione ai capi di derivatori con valore da 100 µΩ a 0,1 Ω, con un'incertezza relativa di $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ per intensità di corrente elettrica fino a 1 kA.

6. Dal campione nazionale di intensità di corrente elettrica deriva il campione nazionale di intensità di corrente in regime alternato sinusoidale, realizzato e conservato mediante un gruppo di convertitori termoelettrici, con un'incertezza relativa di $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ per intensità di corrente elettrica da 2 mA a 10 mA e frequenza da 40 Hz a 20 kHz. Un secondo gruppo di convertitori termoelettrici, muniti di derivatori di corrente, è conservato per l'estensione a intensità di corrente elettrica da 10 mA a 1 A, con un'incertezza relativa di $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ per frequenza da 20 Hz a 100 kHz.

I convertitori per il trasferimento di intensità di corrente alternata al regime continuo hanno partecipato nel 1982 a un confronto internazionale. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

7. Per forti intensità di corrente elettrica in regime alternato sinusoidale, l'IEN realizza e conserva un campione costituito da un gruppo di trasformatori di corrente a due stadi, con compensazione elettronica degli errori di rapporto e di fase, con un'incertezza di $\pm 1{,}5 \cdot 10^{-5}$ per il rapporto e di $\pm$ 15 µrad per la differenza di fase di intensità di corrente elettrica da 1 A a 5 kA e per frequenza da 50 Hz a 60 Hz. Questo campione ha partecipato nel 1985 ad un confronto internazionale, promosso dal BCR. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

5. *Campione nazionale di temperatura termodinamica*

È convenuto a livello internazionale che la Scala di Temperatura Internazionale (STI) sia la rappresentazione della temperatura termodinamica.

1. I punti fissi utilizzati presso l'IMGC, per realizzare la STI-90 tra 24,6 K e 2500 K, sono i punti tripli dell'idrogeno in equilibrio (13,803 3 K), del neo (24,556 1 K), dell'ossigeno (54,358 4 K), dell'argo (83,805 8 K), del mercurio (234,315 6 K) e dell'acqua (273,16 K), il punto di fusione del gallio (302,914 6 K), ed i punti di solidificazione dello stagno (505,078 K), dello zinco (692,677 K), dell'alluminio (933,473 K) e dell'argento (1234,93 K).

Per la realizzazione dei punti fissi si ricorre prevalentemente alla tecnica delle celle sigillate, come mezzo più idoneo per garantire la stabilità nel tempo dei punti fissi.

Nell'intervallo tra 24,6 K e 1235 K vengono usati termometri a resistenza di platino di tre tipi:

- termometri a capsula da 25 Ω a 273,16 K utilizzati tra 24,6 K e 302,9 K;
- termometri a stelo lungo da 25 Ω a 273,16 K utilizzati tra 83,8 K e 933 K;
- termometri a stelo lungo per alta temperatura da 2,5 Ω o 0,25 Ω a 273,16 K utilizzati tra 273,16 K e 1235 K.

La purezza del platino e le condizioni di rinvenimento dei termometri sono tali da soddisfare le condizioni imposte dalla STI-90 alla funzione $W(T_{90}) = R(T_{90})/R(273{,}16\ \mathrm{K})$, in cui R è la resistenza del termometro e T_{90} è la temperatura assegnata a determinati punti fissi. Ricerche sulla stabilità dei termometri a resistenza di platino per alta temperatura svolte presso l'IMGC hanno messo in luce i meccanismi di contaminazione del platino da parte di impurezze metalliche e suggerito le opportune procedure per evitarla.

Nell'intervallo tra 1235 K e 2500 K la STI-90 viene realizzata con un termometro a radiazione di tipo fotoelettrico monocromatico progettato e costruito presso l'IMGC. Il termometro lavora in una banda spettrale centrata a 655 nm con una larghezza di banda di 12 nm ed impiega come sensore un fotomoltiplicatore con catodo trialcalino. Il punto di solidificazione dell'argento, realizzato con una cavità corpo nero di grafite immersa in un blocco di argento al 99,999% di purezza, viene assunto come punto di riferimento. La STI-90, al di sopra del punto di solidificazione dell'argento, viene realizzata misurando la risposta spettrale del termometro e la non-linearità del sensore. Fanno parte integrante del termometro lampade a nastro di tungsteno di alta stabilità.

2. Le diverse componenti di incertezza variano a seconda del punto fisso e della temperatura. Esse vengono stimate seguendo le indicazioni del documento del BIPM relativo ad informazioni supplementari sulla STI-90.

La componente di tipo A dipende dalla possibilità di tenere sotto controllo le condizioni operative di realizzazione dei punti fissi e dalla stabilità a breve termine dei termometri interpolatori.

La componente di tipo B ai punti fissi dipende dalla purezza dei materiali, dall'immersione dei termometri, dalle condizioni di equilibrio termico tra il punto fisso e il termometro, dalla linearità dello strumento che misura la resistenza dei termometri a resistenza di platino, dalla pressione e, nel caso del punto fisso per il termometro a radiazione, dall'emissività della cavità corpo nero. La componente di tipo B dell'incertezza negli intervalli tra i punti fissi dipende, oltre che dalla propagazione dell'incertezza ai punti fissi, dalla non univocità e dalla incoerenza dei sottointervalli della STI-90. Al di sopra di 1235 K, la componente di tipo B dipende anche dall'incertezza sulla lunghezza d'onda di lavoro e sulla non-linearità del sensore.

L'incertezza della realizzazione della STI-90 è specificata in Tabella 1.

Tabella 1 - Incertezza della realizzazione della STI-90.

TEMPERATURA	INCERTEZZA
13,803 3 K (punto triplo dell'idrogeno in equilibrio) (1)	± 0,3 mK
24,556 1 K (punto triplo del neo)	± 0,3 mK
tra 54,556 1 K e 54,358 4 K	± 0,7 mK
54,358 4 K (punto triplo dell'ossigeno)	± 0,3 mK
tra 54,358 4 K e 83,805 8 K	± 0,6 mK
83,805 8 K (punto triplo dell'argo)	± 0,3 mK
tra 83,805 8 K e 234,315 6 K	± 0,8 mK
234,315 6 K (punto triplo del mercurio)	± 0,2 mK
tra 234,315 6 K e 273,16 K	± 0,4 mK
273,16 K (punto triplo dell'acqua)	± 0,1 mK
tra 273,16 K e 302,914 6 K	± 0,3 mK
302,914 6 K (punto di fusione del gallio)	± 0,2 mK
tra 302,914 6 K e 505,078 K	± 1,3 mK
505,078 K (punto di solidificazione dello stagno)	± 1,0 mK
tra 505,078 K e 692,677 K	± 1,3 mK
692,677 K (punto di solidificazione dello zinco)	± 1,0 mK
tra 692,677 K e 933,473 K	± 1,5 mK
933,473 K (punto di solidificazione dell'alluminio)	± 1,2 mK
tra 933,473 K e 1234,93 K	± 2,5 mK
1234,93 K (punto di solidificazione dell'argento)	± 2,5 mK (2)
tra 1234,93 K e 2500 K	± [0.025 + 2,1 · 10^{-4}(T/K 1234,93)] K

(1) Il punto triplo dell'idrogeno in equilibrio è necessario per ta- rare il termometro campione che copre l'intervallo tra 24,6 K e 273,16 K

(2) Questa incertezza è valida per il punto fisso usato con il termo- metro a resistenza. Per il punto fisso con cavità corpo nero l'incertezza è di ± 0,025 K

3. I punti fissi sono stati confrontati in più riprese con i punti fissi dei maggiori laboratori metrologici in campo internazionale. Si citano:

- nel 1979 e nel 1982 confronti internazionali, effettuati presso il BIPM, di celle per il punto triplo dell'acqua;

- dal 1980 due confronti bilaterali con il NIST di celle per i punti di solidificazione dello stagno, zinco, alluminio ed argento;

- nel 1984 circolazione di celle sigillate per punti tripli dei gas coordinata dall'IMGC;

- nel 1985 circolazione di celle per il punto di fusione ed il punto triplo del gallio;

- nel 1990 circolazione, promossa dal BCR e coordinata dall'IMGC, di celle sigillate per i punti di solidificazione dello stagno e dello zinco;

- nel 1991 circolazione, promossa dal BCR e coordinata dall'IMGC, di celle sigillate per i punti di solidificazione dell'alluminio e dell'argento.

In tutti i confronti effettuati le differenze riscontrate tra i campioni dell'IMGC ed i campioni di altri istituti sono risultate comprese entro le incertezze stimate.

4. La stabilità nel tempo della scala di temperatura è verificata periodicamente mediante confronti interni tra realizzazioni differenti dei medesimi punti fissi e analisi termiche per il controllo della purezza dei materiali per punti fissi.

5. La STI-90 al di sopra di 1235 K viene realizzata anche alla lunghezza d'onda di 900 nm usando come sensore un fotodiodo al silicio al posto del fotomoltiplicatore

6. Nel 1985 l'IMGC ha firmato con il NIST (USA) un accordo nel quale i due istituti riconoscono l'equivalenza dei campioni nazionali di temperatura termodinamica da loro realizzati.

6. *Campione nazionale di intensità luminosa.*

1. Il campione nazionale di intensità luminosa è conservato mediante un gruppo di lampade ad incandescenza, caratterizzate da un filamento giacente su un piano perpendicolare alla direzione di osservazione, alimentate in regime continuo e tarate ad intensità di corrente elettrica costante.

La determinazione dell'intensità luminosa della sorgente è effettuata per via radiometrica pesando l'intensità energetica della radiazione complessa secondo la curva di sensibilità dell'osservatore di riferimento per la visione fotopica, adottata nel 1933 dal CIPM. Ciò si realizza anteponendo ad un rivelatore non selettivo (radiometro assoluto) un filtro con fattore spettrale di trasmissione proporzionale alla curva di sensibilità.

Il flusso energetico incognito, incidendo sulla superficie assorbente del radiometro assoluto, provoca una risposta che viene confrontata con quella prodotta sullo stesso rivelatore da una potenza elettrica nota. Il rivelatore è di tipo bolometrico ed occupa un ramo di un ponte di Wheatstone, alimentato con corrente alternata (frequenza 1 MHz). Ad esso è associato un elemento riscaldatore nel quale viene dissipata la potenza elettrica di riferimento.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale, per intensità luminosa da 100 cd a 500 cd, è pari a $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B.

La componente di tipo A è valutata pari $\pm 3,6 \cdot 10^{-3}$ e deriva dalla non equivalenza tra flusso energetico e potenza elettrica ($\pm 2,5 \cdot 10^{-3}$), dalle misurazioni della potenza elettrica ($\pm 0,4 \cdot 10^{-3}$), dell'apertura di ingresso ($\pm 0,2 \cdot 10^{-3}$), del fattore di trasmissione del filtro ($\pm 2 \cdot 10^{-3}$), della distanza sorgente-radiometro ($\pm 0,4 \cdot 10^{-3}$); essa dipende inoltre dall' instabilità dell'alimentatore in corrente continua ($\pm 0,7 \cdot 10^{-3}$) e dalla misurazione dell'intensità di corrente ($\pm 1,4 \cdot 10^{-3}$).

La componente di tipo B è legata al particolare tipo di lampada utilizzata; essa è stimata essere $\pm 4 \cdot 10^{-3}$, come risultato del VI confronto internazionale di campioni di intensità luminosa organizzato dal BIPM nel 1985.

3. Per quanto riguarda il rapporto fra la realizzazione nazionale e l'unità media internazionale, l'unità italiana è da ritenersi uguale all'unità SI entro $7 \cdot 10^{-3}$, come riportato sul Rapporto della XI sessione del CCPR.

4. Eventuali comportamenti anomali di una lampada del gruppo sono posti in evidenza, durante i confronti periodici, dallo scostamento anomalo dell'intensità luminosa da essa emessa, misurata con un fotometro, dalla media dei valori del gruppo.

Per verificare la presenza di eventuali derive dell'intero gruppo, viene effettuata periodicamente la misurazione mediante radiometro assoluto.

5. Nel 1988 l'IEN ha firmato con il NIST (USA) un accordo nel quale i due istituti riconoscono l'equivalenza dei campioni nazionali di intensità luminosa da loro realizzati.

Campione nazionale di illuminamento.

L'IEN realizza il campione nazionale di illuminamento (unità lux, simbolo lx) per derivazione dal campione nazionale di intensità luminosa e lo conserva mediante fotometri.

La determinazione dell'illuminamento viene effettuata per mezzo di un banco fotometrico utilizzando la legge del quadrato della distanza che lega l'intensità luminosa di una sorgente e l'illuminamento prodotto dalla sorgente ad una distanza nota sulla superficie del rivelatore. I fotometri sono cellule fotovoltaiche al silicio, stabilizzate in temperatura, con una sensibilità spettrale che simula quella dell'osservatore fotometrico di riferimento.

L'incertezza relativa è di $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ per illuminamento da 20 lx a 200 lx. Essa è dovuta prevalentemente a componenti di tipo A:

- per il fotometro: alla misurazione della fotocorrente ($\pm 2 \cdot 10^{-4}$) all'effetto di temperatura ($\pm 1 \cdot 10^{-4}$), all'imperfetta correzione spettrale, ($\pm 2 \cdot 10^{-4}$), alle luci parassite ($\pm 3 \cdot 10^{-4}$) e alla misurazione della distanza sorgente-fotometro ($\pm 4 \cdot 10^{-4}$);

- per la sorgente: all'instabilità dell'alimentatore in corrente continua ($\pm 7 \cdot 10^{-4}$), alla misurazione dell'intensità di corrente ($\pm 14 \cdot 10^{-4}$) e alla taratura per mezzo dei campioni di intensità luminosa ($\pm 5 \cdot 10^{-3}$).

Eventuali comportamenti anomali di un fotometro del gruppo sono posti in evidenza, durante i confronti periodici, dallo scostamento anomalo della sensibilità dello stesso dalla media dei valori del gruppo. Per verificare la presenza di eventuali derive dell'intero gruppo, viene effettuata periodicamente la misurazione mediante il campione di intensità luminosa.

2. Campioni nazionali di unità SI supplementari

1. *Campione nazionale di angolo piano.*

1. Quale campione nazionale di angolo piano, realizzato per divisione del cerchio a partire dall'angolo giro, l'IMGC conserva due tavole a indice. Ciascuna tavola è costituita da una coppia di corone dentate frontali, coassiali e contrapposte, con 1440 denti ad ingranamento frontale: una di esse è solidale con l'elemento fisso (base), l'altra con l'elemento rotante (parte superiore) della tavola stessa. Sull'intero angolo di 360° la tavola può assumere quindi 1440 posizioni, generando angoli compresi tra 0° e 360° a passi di 15'. Le tavole vengono utilizzate in condizioni di temperatura uniforme e costante.

Quale campione nazionale di angolo piano, realizzato per derivazione dal campione nazionale di lunghezza mediante rapporto di due lunghezze collegate tra loro da una relazione trigonometrica ($\sin\alpha = h/l$), è conservata una barra seno utilizzata su un intervallo di misura di 15'. La barra seno è utilizzata in condizioni di temperatura uniforme e costante.

La generazione di valori angolari predeterminati è effettuata utilizzando la lunghezza h di blocchetti di riscontro di acciaio e la lunghezza l della barra seno, quest'ultima individuata dalla distanza tra l'asse di un rullo, attorno al quale avviene la rotazione, e il centro di una sfera; i blocchetti vengono inseriti tra tale sfera e un supporto a tre punti di contatto, solidale con la parte rotante.

2. L'incertezza con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale è pari a $\pm$ 0,05" ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B.

Per le tavole ad indice, la componente di tipo A, determinata attraverso prove di ripetibilità di posizionamento, è contenuta entro $\pm$ 0,02".

Nella taratura delle due tavole a passi di 30° mediante confronto reciproco (metodo di autotaratura), la componente di tipo B è pari a $\pm$ 0,04" ed è attribuibile ai limiti di sensibilità e linearità degli autocollimatori impiegati e alla planarità degli specchi utilizzati per rilevare le differenze angolari tra le due tavole.

Per la barra seno, la componente di tipo A, determinata attraverso prove di ripetibilità di posizionamento, è contenuta entro $\pm$ 0,02". La componente di tipo B, dovuta a contributi dimensionali, geometrici e termici, è pari a $\pm$ 0,02".

3. Dal 1983 il campione nazionale è stato utilizzato in tre confronti internazionali indiretti, mediante idonei campioni di trasferimento quali poligoni e blocchetti. I risultati hanno confermato le incertezze stimate.

4. Gli apparati utilizzati per la realizzazione del campione nazionale vengono mantenuti sotto controllo tramite periodiche verifiche della ripetibilità a breve termine e della riproducibilità nel tempo.

3. Campioni nazionali di unità SI derivate

1. *Campione nazionale di massa volumica (densità).*

1. Il campione nazionale di massa volumica (o densità) è conservato mediante:

a) una sfera di silicio monocristallino, alla quale è stato attribuito il valore di massa volumica mediante misure di massa e di volume;

b) una sfera di silicio monocristallino, alla quale è stato attribuito il valore di massa volumica mediante confronto idrostatico con la sfera precedente; questa seconda sfera funge da testimone della prima.

Inoltre tre sfere di vetro-ceramica, alle quali è stato attribuito il valore di massa volumica mediante misure di massa e di volume, fungono da testimoni delle precedenti e la loro massa volumica è affetta da un'incertezza relativa di $\pm 1 \cdot 10^{-6}$, superiore a quella della massa volumica delle sfere precedenti a causa di geometria meno regolare e di minor stabilità del materiale.

Le sfere hanno massa pari circa ad 1 kg e diametro pari circa a 93 mm (sfere di silicio) e 90 mm (sfere di vetro-ceramica). Lo scostamento dalla regolarità geometrica (di sfericità) è contenuto entro 0,2 μm nel caso delle sfere di silicio ed entro 0,7 μm nel caso delle sfere di vetro-ceramica. Il coefficiente di dilatazione termica volumica del silicio è $7{,}68 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$, mentre quello del vetro-ceramica è circa $1 \cdot 10^{-7}\ K^{-1}$. La densità delle sfere è riportata a 20 °C a partire dal valore che essa ha alla temperatura di prova, la quale è misurata con incertezza di $\pm$ 2 mK.

La massa di tutte le sfere è determinata mediante confronto con un campione secondario del kilogrammo. Il volume delle sfere è calcolato a partire dalla misura del diametro medio, ottenuto da misure interferometriche di alcuni diametri e da misure di scostamenti dalla rotondità su diversi piani meridiani.

5. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale è pari a $\pm 7 \cdot 10^{-7}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B.

L'incertezza della massa volumica delle sfere è dovuta prevalentemente a componenti di tipo A. Esse sono:

- l'incertezza nella misura di massa, pari a $\pm$ 0,25 mg;

- l'incertezza nella misura del diametro medio, stimata, nel caso della migliore regolarità geometrica, entro $\pm$ 20 nm.

3. Il campione nazionale è stato sottoposto, negli ultimi dieci anni, a sette confronti internazionali; i più recenti confronti sono stati con lo CSIRO (1988) e il PTB (1989). I risultati hanno confermato le incertezze stimate.

4. La stabilità della massa volumica delle sfere, potendo essa variare a causa di variazioni della struttura chimico-fisica del materiale stesso, è controllata mediante:

- confronti incrociati eseguiti tramite pesate idrostatiche;

- rideterminazioni della massa volumica di una delle sfere mediante misure di massa e di volume;

- aggiunta di una nuova sfera al gruppo, avendo determinato la sua massa volumica attraverso misure di massa e di volume.

5. Dal campione nazionale sono direttamente derivati, attraverso pesate idrostatiche.

- campioni liquidi con massa volumica compresa tra 600 kg/m³ e 2300 kg/m³;

- campioni solidi con massa volumica compresa tra 1300 kg/m³ e 5000 kg/m³ con massa e volume compresi tra 0,5 e 1 volte la massa e il volume del campione nazionale.

2. *Campione nazionale di portata in massa.*

1. Il campione nazionale di portata in massa è costituito da un impianto a circuito chiuso, interamente costruito in acciaio inossidabile ed operante con acqua deionizzata come fluido di lavoro. Esso provvede sia alla generazione del flusso di liquido, con portata in massa, pressione e temperatura prestabilite, sia alla misurazione della portata in massa e delle grandezze di stato pressione e temperatura.

I principali componenti dell'impianto sono:

- un serbatoio di recupero coibentato, della capacità di circa 900 dm³, e un serbatoio di pesata, coperto e coibentato, montato su di una bilancia elettronica con fondo scala 100 kg e risoluzione 1 g;

- apparato di regolazione della temperatura dell'acqua in grado di mantenere la temperatura del fluido ad un valore predeterminato, compreso tra 18 °C e 30 °C, stabile entro ± 0,1 K,

- una sezione di prova, sulla quale vengono inseriti gli strumenti da tarare, composta da una serie di tubazioni rettilinee di diametro fino a 50 mm,

- una pompa centrifuga a velocità regolabile e una valvola di laminazione per la regolazione della pressione di linea,

- un deviatore rapido di flusso, geometricamente e dinamicamente simmetrico nei due versi di azionamento, avente un tempo di azionamento inferiore a 10 ms,

- un cronometro digitale azionato automaticamente dal deviatore di flusso.

L'impianto applica il metodo della pesata e cronometraggio. Il metodo si basa sulla misurazione diretta della massa di liquido che fluisce nell'unità di tempo attraverso la tubazione rettilinea (costituente la sezione di prova); il flusso di liquido viene immesso per un intervallo di tempo misurato dal cronometro digitale nel serbatoio di pesata mediante il deviatore rapido di flusso.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale, per portata in massa da 0,2 kg/s a 5 kg/s, è pari a $\pm 4 \cdot 10^{-4}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B.

La componente di tipo A è valutata pari a $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ e deriva dalle componenti di incertezza dello stesso tipo originate dai vari dispositivi e strumenti di misura facenti parte del campione, in particolare la bilancia, il deviatore di flusso e il cronometro digitale.

La componente di tipo B è valutata pari a $\pm 3,5 \cdot 10^{-4}$ e deriva dalle componenti di incertezza dello stesso tipo originate dai vari dispositivi e strumenti di misura prima citati, nonché dalla stima delle perdite di liquido in atmosfera dovute ad evaporazione dal deviatore di flusso e dal serbatoio di pesata.

3. Nel 1992 è stato promosso dal BCR un confronto internazionale.

4. Il corretto funzionamento complessivo del campione è periodicamente verificato secondo le indicazioni della Norma ISO 4185.

E realizzato per derivazione dal campione nazionale ed è conservato dall'IMGC un campione di portata in massa per acqua deionizzata del tutto simile al campione nazionale ma in grado di operare con temperature del fluido comprese tra 30 °C e 80 °C, l'incertezza relativa di tale campione è pari a $\pm 1,5 \cdot 10^{-3}$.

3. *Campione nazionale di forza.*

1. Le macchine generatrici di forza, dette macchine campione di forza a pesi diretti, usate per conservare il campione di forza consentono la generazione della forza peso nel campo gravitazionale locale, sulla base della formula:

$$F = mg_l\,(1 - \rho_a/\rho_m)$$

ove:
F è la forza generata,
m è la massa dell'oggetto che genera la forza F,
g_l è l'accelerazione di gravità locale,
ρ_a è la densità dell'aria,
ρ_m è la densità media del materiale dell'oggetto che genera la forza F.

Nella macchina campione di forza la forza generata viene trasferita agli strumenti da tarare mediante telai di carico e d'inversione, la cui geometria e le caratteristiche di deformazione elastica sono fondamentali per ridurre al minimo le modifiche della forza nel suo trasferimento.

Il valore di massa m è determinato con riferimento al campione nazionale di massa.

L'accelerazione di gravità locale è determinata in base ai valori ottenuti mediante il gravimetro assoluto dell'IMGC.

La densità dell'aria è stata valutata sulla base della temperatura media di 20 °C e di valori medi di pressione e di umidità, mediante la formula raccomandata dal BIPM.

Il campo di forza da 2 N a 100 kN è coperto utilizzando più macchine, con zone di sovrapposizione delle forze generate.

2. L'incertezza del campione nazionale di forza è dovuta prevalentemente agli effetti, di difficile valutazione, della geometria e della deformazione elastica del telaio di carico, pertanto, in ambito del gruppo Forze del CCM è stato deciso di assumere convenzionalmente l'incertezza relativa di $\pm 2,5 \cdot 10^{-5}$ per le macchine a pesi diretti. La decisione deriva da stime prudenziali basate sui risultati dei confronti internazionali.

Per il campione nazionale di forza la componente di tipo A è valutata con prove ripetute eseguite con i dinamometri di miglior qualità utilizzati per i confronti internazionali delle macchine campione di forza. Si ottiene così l'insieme non separabile dell'incertezza della macchina e del dinamometro impiegato, dell'ordine di $\pm 10^{-5}$.

Le componenti di tipo B possono essere valutate sulla base della formula sopra riportata. L'incertezza sul valore della massa m è inferiore a $\pm 5 \cdot 10^{-6}$. L'incertezza sull'accelerazione di gravità è trascurabile ($\pm 1 \cdot 10^{-8}$). L'incertezza sulla spinta aerostatica (parte della formula racchiusa in parentesi) è causata principalmente dalle variazioni di pressione ed umidità relativa ed è inferiore a $\pm 1 \cdot 10^{-5}$.

3. La macchina campione ha partecipato nel 1987 ad un confronto internazionale promosso dal BCR, si sono riscontrate differenze tra le macchine dell'ordine di $3 \cdot 10^{-5}$, quindi all'interno dell'incertezza assunta.

4. Per valutare eventuali guasti sono previsti controlli funzionali delle macchine a pesi diretti e confronti nei campi di misura comuni. Inoltre è disponibile una serie di dinamometri con caratteristica nota utilizzabili per valutare eventuali irregolarità di funzionamento.

5. Dalla macchina a pesi diretti, per moltiplicazione idraulica, deriva una macchina campione con portata 1 MN, la cui incertezza relativa, ottenuta in base ai risultati dei confronti internazionali, è di $\pm 2 \cdot 10^{-4}$.

Il campo da 1 MN a 9 MN è coperto mediante dinamometri di confronto tarati con incertezza contenuta entro $\pm 5 \cdot 10^{-4}$.

SCALE NAZIONALI DI DUREZZA

La misura di durezza è ottenuta misurando la dimensione dell'impronta lasciata dal penetratore applicato alla superficie del materiale, con forza, durata e velocità dell'applicazione fissate dalla normativa internazionale. La forza è generata mediante masse tarate soggette all'accelerazione di gravità locale. La misurazione della dimensione dell'impronta è effettuata tramite un interferometro con laser.

L'unità di misura della durezza è il punto di durezza della scala adottata.

Vengono realizzate le seguenti scale, utilizzate per applicazioni differenti:

- scale Rockwell (precarico e misurazione della profondità di penetrazione) con penetratore sfero-conico di diamante, con incertezza di $\pm$ 0,2 punti di durezza;
- scale Rockwell (precarico e misurazione della profondità di penetrazione) con penetratore a sfera, con incertezza di $\pm$ 0,3 punti di durezza;
- scale Vickers (misurazione della diagonale dell'impronta) con penetratore a piramide di diamante, con incertezza relativa di $\pm 5 \cdot 10^{-3}$;
- scale micro Vickers (misurazione della diagonale dell'impronta) con penetratore a piramide di diamante, con incertezza relativa di $\pm\left(\frac{0{,}2\ \mu m}{d} + 5 \cdot 10^{-3}\right)$, essendo d la diagonale dell'impronta espressa in micrometri;
- scale Brinell (misurazione del diametro dell'impronta) con penetratore a sfera, con incertezza relativa di $\pm 5 \cdot 10^{-3}$.

Le incertezze delle scale realizzate sono quelle riscontrate in confronti internazionali e principalmente dovute alle tolleranze ammesse dalla normativa sui parametri che definiscono le scale di durezza.

4. *Campione nazionale di pressione*

Il campione nazionale di pressione è utilizzato per effettuare misurazioni di pressione assoluta e misurazioni di pressione relativa. La pressione assoluta è riferita al limite teorico di pressione nulla, cioè ad una pressione estremamente piccola ma nota, detta vuoto di riferimento. La pressione relativa è invece riferita a una pressione finita, in generale prossima alla pressione di 101 325 Pa.

1. Per coprire l'intero campo di pressioni relative e assolute, in mezzo liquido e in mezzo gassoso, è necessario realizzare e conservare un complesso di sistemi, elencati in dettaglio e sinteticamente descritti qui di seguito.

Il manobarometro a colonna di mercurio di tipo interferometrico copre il campo di pressione assoluta in mezzo gassoso da 100 Pa a 102 kPa, con incertezza relativa di $\pm\left(\frac{0{,}05\ \text{Pa}}{p} + 5 \cdot 10^{-6}\right)$, essendo p la pressione misurata espressa in pascal.

Esso è costituito da un tubo ad U contenente mercurio di massa volumica nota; un sistema interferometrico in luce bianca consente la localizzazione dei menischi. Il dislivello tra i due menischi è misurato con un regolo graduato. Il manobarometro è posizionato su un supporto antivibrante in un locale a temperatura controllata.

Gli accoppiamenti pistone-cilindro, nei quali il pistone è caricato con masse, detti nel seguito banchi manometrici a pesi diretti, sono costituiti da un accoppiamento tra un pistone e un cilindro; l'accoppiamento ha area effettiva nota e riportata alla temperatura di riferimento di 20 °C; la pressione è misurata come forza applicata sull'area stessa.

L'insieme dei banchi manometrici a pesi diretti è costituito da (con p si indica la pressione misurata espressa in pascal):

a) un gruppo di banchi manometrici, per pressione assoluta in mezzo gassoso da 102 kPa a 5,2 MPa, con incertezza relativa di $\pm\left(\frac{0{,}26\ \text{Pa}}{p} + 11 \cdot 10^{-6}\right)$. Per pressioni relative in mezzo gassoso il campo di misura è da 6,7 kPa a 20 MPa e l'incertezza relativa è di $\pm\left(\frac{3\ \text{Pa}}{p} + 12 \cdot 10^{-6}\right)$;

b) un gruppo di banchi manometrici, per pressione relativa in mezzo liquido da 0,5 MPa a 100 MPa, con incertezza relativa di $\pm\left(\frac{10\ \text{Pa}}{p} + 14 \cdot 10^{-6}\right)$. Per il campo di pressioni relative in mezzo liquido da 100 MPa a 1 GPa l'incertezza relativa è compresa tra $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ e $\pm 1{,}6 \cdot 10^{-4}$ a seconda del campo di pressione.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale è compresa tra $\pm 5 \cdot 10^{-4}$ e $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B.

La componente di tipo A è determinata valutando per ogni grandezza di influenza le fluttuazioni statistiche, o attraverso confronti con sistemi dello stesso tipo (caso dei banchi manometrici a pesi diretti). In particolare:

- per il manobarometro risulta pari a $\pm$ 0,05 Pa/p;
- per i banchi manometrici a pesi diretti è contenuta entro $\pm 2 \cdot 10^{-6}$.

La componente di tipo B è determinata per tutti i sistemi impiegati dalla valutazione dell'incertezza sistematica relativa a ogni grandezza che influenza la misura di pressione. In particolare:

- per il manobarometro le componenti prevalenti alla pressione di 102 kPa sono dovute alla conoscenza della massa volumica del mercurio ($\pm 1{,}1 \cdot 10^{-6}$), alla misura della temperatura del mercurio ($\pm 2 \cdot 10^{-6}$), alla conoscenza dell'indice di rifrazione dell'azoto ($\pm 1 \cdot 10^{-6}$) e alla conoscenza del coefficiente di espansione termica del regolo ($\pm 3 \cdot 10^{-6}$);
- per i banchi manometrici a pesi diretti le componenti prevalenti sono dovute alla misura dell'area effettiva (da $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ a $\pm 4 \cdot 10^{-5}$) e alla misura del coefficiente delle distorsioni elastiche degli accoppiamenti (da poche parti per milione a $\pm 4 \cdot 10^{-5}$ a seconda del campo di pressione).

3. Il campione nazionale di pressione ha partecipato ai seguenti confronti internazionali:

- dal 1976 al 1988 confronti bilaterali di banchi manometrici a pesi diretti con il PTB, il LNE, il NIST, lo INMETRO, l'INTI;
- nel 1981 e nel 1991 confronti internazionali promossi dal CCM per banchi manometrici a pesi diretti e manobarometro;
- nel 1982 confronto bilaterale con il BIPM per il manobarometro utilizzando una cella per il punto triplo dell'argo;
- nel 1984 confronto internazionale promosso dal BCR per misure di pressione differenziale con banchi manometrici a pesi diretti.

I risultati hanno confermato le incertezze dichiarate.

4. I sistemi descritti sono stati realizzati in modo da coprire campi di pressione che si sovrappongono; in tal modo si dispone di zone di pressione nelle quali possono essere effettuate misurazioni di confronto tra sistemi che coprono campi di pressione diversi. Tali confronti, congiuntamente ai periodici confronti internazionali, servono a mantenere sotto controllo il corretto comportamento del campione nazionale.

5. Nel 1992 l'IMGC ha firmato con il NIST (USA) un accordo nel quale i due istituti riconoscono l'equivalenza dei campioni nazionali di pressione da loro realizzati.

6. L'IMGC realizza anche il campione nazionale di pressione nel campo da 10^{-5} Pa a 100 Pa per derivazione dal campione nazionale di pressione realizzato utilizzando banchi manometrici a pesi diretti e dal campione nazionale di tempo. Esso è conservato mediante un gruppo di sistemi ad espansione così costituito:

a. Un sistema dinamico ad espansione, con incertezza relativa di $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ per pressione assoluta in mezzo gassoso da 10^{-5} Pa a 10^{-1} Pa.

Il sistema dinamico genera e misura pressioni ed è costituito da una camera di misura e da una di pompaggio collegate da un foro avente conduttanza nota. Il valore di pressione è dato dal rapporto tra il flusso di gas che entra nella camera di misura e la velocità effettiva con la quale ne è asportato, attraverso la conduttanza, dal sistema di pompaggio. Tale velocità effettiva di pompaggio dipende dalle caratteristiche della conduttanza in regime molecolare e del sistema di pompaggio. Il flusso di gas è misurato con un flussometro a variazione di volume; la pressione di linea è misurata con un banco manometrico a pesi diretti.

b. Un sistema statico ad espansione, con incertezza relativa di $\pm 1{,}7 \cdot 10^{-3}$ per pressione assoluta in mezzo gassoso da 10^{-1} Pa a 100 Pa.

Il sistema statico genera e misura pressioni ed è costituito da una camera di misura e da una di riferimento con un rapporto dei volumi pari a 1/5000. La pressione iniziale nella camera di riferimento è misurata con un banco manometrico a pesi diretti.

Il fluido contenuto nella camera di riferimento viene fatto espandere in condizioni isoterme nella camera di misura; il rapporto di espansione, in base al quale è calcolata la pressione finale, è desunto dal rapporto tra i volumi delle due camere.

I sistemi ad espansione sono situati in un locale a temperatura controllata.

L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale, per pressioni da 10^{-5} Pa a 100 Pa è compresa tra $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ e $\pm 5 \cdot 10^{-4}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B.

La componente di tipo A è determinata valutando per ogni grandezza di influenza le fluttuazioni statistiche; essa risulta compresa tra $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ e $\pm 1 \cdot 10^{-3}$.

La componente di tipo B è determinata dalla valutazione dell'incertezza sistematica relativa a ogni grandezza che influenza la misura di pressione. In particolare le componenti prevalenti sono dovute a:

- misurazione della velocità effettiva di pompaggio per il sistema dinamico ad espansione ($\pm 4{,}4 \cdot 10^{-3}$);
- determinazione del rapporto di espansione per il sistema statico ad espansione ($\pm 1{,}3 \cdot 10^{-3}$).

Il campione nazionale di pressione realizzato con sistemi ad espansione ha partecipato ai seguenti confronti internazionali:

- nel 1980 confronto internazionale promosso dal BCR;
- nel 1983 confronto internazionale promosso dal CCM;
- nel 1991 confronto bilaterale con l'ETL.

I risultati hanno confermato le incertezze dichiarate.

5. *Campione nazionale di pressione sonora.*

1. Il campione nazionale di pressione sonora è conservato mediante microfoni a condensatore aventi una geometria definita dalla norma IEC 327 (1971). Per questi microfoni si misura, con la tecnica della reciprocità in accoppiatore chiuso (IEC 327), la sensibilità in pressione sonora, espressa in volt/pascal; essa è definita come il rapporto tra la tensione elettrica, che si genera all'uscita del microfono quando la pressione sonora è applicata uniformemente sulla superficie esposta del diaframma del microfono, e la pressione sonora applicata. Nell'accoppiatore si realizza una propagazione nel campo di frequenza da 125 Hz (limite necessario per assicurare la propagazione in condizione di adiabaticità) a 2,5 kHz (limite necessario per assicurare la propagazione per onde piane).

2. L'incertezza con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale per pressione sonora in aria da 0,3 Pa a 1 Pa è stimata pari $\pm 6 \cdot 10^{-3}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti d'incertezza di tipo A e di tipo B. In particolare, la componente di tipo A, dovuta prevalentemente alla ripetibilità delle misure, è contenuta entro $\pm 1{,}7 \cdot 10^{-3}$. La componente di tipo B è contenuta entro $\pm 5{,}7 \cdot 10^{-3}$ e dipende dalle componenti dello stesso tipo derivanti da:

- determinazione della sensibilità in pressione sonora del microfono;
- valutazione delle correzioni conseguenti alle diversità tra le condizioni di impiego del microfono rispetto alle condizioni al momento della determinazione della sensibilità;
- misura della tensione elettrica d'uscita.

3. Il campione nazionale ha partecipato nel 1986 ad un confronto internazionale promosso dal NPL. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

6. *Campione nazionale di potenza elettrica.*

Il campione nazionale di potenza elettrica è conservato mediante un generatore di tensione elettrica, direttamente riferito al campione nazionale di tensione elettrica, e il gruppo di resistori, gli apparati di tipo potenziometrico e i generatori di corrente elettrica utilizzati per la conservazione del campione nazionale di intensità di corrente elettrica. Si rimanda, per la descrizione di tali campioni e per informazioni circa le loro incertezze, alle schede che descrivono i campioni nazionali di intensità di corrente elettrica e di tensione elettrica.

Qui di seguito si descrivono i campioni nazionali di potenza elettrica (attiva) in regime alternato a causa della loro maggior importanza in campo applicativo.

1. Il campione nazionale di potenza elettrica per frequenza da 40 Hz a 60 Hz è conservato mediante un apparato comprendente:

- un alimentatore stabilizzato a due canali, che fornisce la tensione elettrica U e l'intensità di corrente elettrica I, con una distorsione minore di 0,1%;
- un riferimento di tensione continua e un convertitore di tipo termoelettrico, per determinare il valore efficace di U;
- un resistore e un condensatore in gas, per ottenere da U componenti di intensità di corrente elettrica I_f e I_q rispettivamente in fase e in quadratura rispetto a U;
- un trasformatore di corrente a due stadi e un comparatore di corrente, per determinare i rapporti I_f/I e I_q/I.

Il campione nazionale di potenza elettrica per frequenza da 50 MHz a 18 GHz è conservato mediante un sensore bolometrico, composto da un montaggio bolometrico in linea di trasmissione coassiale da 7 mm e da un elemento resistivo sensibile alla temperatura in cui è dissipata la potenza a radiofrequenza da misurare. Un anello autobilanciante di corrente di polarizzazione in regime continuo fissa il punto di lavoro dell'elemento resistivo ad un valore tipico di 200 Ω. La potenza a radiofrequenza è misurata con un metodo di sostituzione, sottraendo dall'elemento resistivo una potenza in regime continuo uguale alla potenza a radiofrequenza in modo da mantenere fisso il punto di lavoro dell'elemento resistivo. Il sensore bolometrico è tarato, mediante l'impiego di un microcalorimetro, determinando il rendimento del montaggio bolometrico.

2. L'incertezza con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale di potenza elettrica per frequenza da 40 Hz a 60 Hz è stimata pari a $\pm 2{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot UI$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti d'incertezza di tipo A e di tipo B. In particolare, la componente di tipo A è contenuta entro $\pm 5 \cdot 10^{-6} \cdot UI$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- instabilità a breve termine dell'alimentatore ($\pm 3 \cdot 10^{-6}$ per U la componente in fase di I);
- instabilità a breve termine del riferimento di tensione continua ($\pm 0{,}5 \cdot 10^{-6}$), della conduttanza del resistore ($\pm 1{,}5 \cdot 10^{-6}$) e dell'angolo di perdita del condensatore ($\pm 1{,}5$ μrad);
- sensibilità del sistema di rivelazione ($\pm 1 \cdot 10^{-6}$).

La componente di tipo B è contenuta entro $\pm 2{,}4 \cdot 10^{-5} \cdot UI$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- determinazione del valore efficace di U ($\pm 1 \cdot 10^{-5}$);
- misurazione della conduttanza del resistore ($\pm 4 \cdot 10^{-6}$) e dell'angolo di perdita del condensatore (± 4 μrad);
- misurazione dell'errore del trasformatore di corrente ($\pm 5 \cdot 10^{-6}$ per il rapporto e ± 5 μrad per la differenza di fase) e del comparatore di corrente ($\pm 7 \cdot 10^{-6}$ per il rapporto e ± 7 μrad per la differenza di fase);
- correzione dell'effetto dell'impedenza residua del comparatore di corrente ($\pm 1 \cdot 10^{-6}$).

L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale di potenza elettrica per frequenza da 50 MHz a 18 GHz è stimata pari a $\pm 4\ 10^{-3}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti d'incertezza di tipo A e di tipo B. In particolare, la componente di tipo A è ricavata da determinazioni ripetute del rendimento del montaggio bolometrico e risulta pari a $\pm 1{,}5 \cdot 10^{-3}$. La componente di tipo B è valutata pari a $\pm 3{,}7 \cdot 10^{-3}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- entità delle perdite sulla linea di trasmissione che connette il montaggio bolometrico contenuto nel microcalorimetro con il generatore della potenza a radiofrequenza;

- non linearità della termopila del microcalorimetro;
- resistenza del resistore campione usato nell'anello autobilanciante;
- resistenza dinamica dell'elemento sensibile;
- misurazione delle tensioni elettriche in regime continuo.

3. Il campione nazionale di potenza elettrica per frequenza da 40 Hz a 60 Hz ha partecipato nel 1982 ad un confronto internazionale promosso dal CCE e sostenuto a livello europeo dal BCR. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

Il campione nazionale di potenza elettrica per frequenza da 50 MHz a 18 GHz ha partecipato nel 1982 ad un confronto internazionale promosso dal NIST. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

4. Il corretto comportamento del campione nazionale è verificato mediante la taratura periodica dei campioni e delle apparecchiature che lo compongono e l'esame dell'andamento temporale del valore di ogni campione e apparecchiatura.

1. *Campione nazionale di attenuazione di potenza*

L'IEN realizza anche il campione nazionale di attenuazione di potenza per derivazione dal campione nazionale di lunghezza e conserva tale campione mediante un attenuatore in guida d'onda circolare, con un'incertezza relativa di $\pm 5 \cdot 10^{-4}$ per un'attenuazione di potenza di 10 volte alla frequenza di 30 MHz. Questa incertezza deriva principalmente da:

- misurazione del diametro interno e di una dimensione longitudinale della guida d'onda;
- determinazione della conducibilità elettrica del materiale costituente la guida d'onda.

Questo campione ha partecipato nel 1982 ad un confronto internazionale promosso dal BCR. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

Campione nazionale di energia elettrica

L'IEN realizza e conserva anche il campione nazionale di energia elettrica (unità joule, simbolo J), per derivazione dai campioni nazionali di potenza elettrica e di tempo, con un'incertezza di $\pm 2{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot UI$ in regime alternato sinusoidale, nei campi da 20 V a 120 V per la tensione U, da 0,5 A a 25 A per l'intensità di corrente elettrica I e da 40 a 60 Hz per la frequenza.

7. *Campione nazionale di tensione elettrica, potenziale elettrico, forza elettromotrice*

1. Dal 1° gennaio 1983 il campione nazionale di tensione elettrica è conservato mediante un gruppo di generatori di tensione elettrica di tipo elettrochimico (pile campione di tipo Weston sature) mantenuti in contenitori termostatati, la cui forza elettromotrice è determinata periodicamente per confronto con la forza elettromotrice $E = nf/K_J$ prodotta in un dispositivo basato sull'effetto Josephson, dove f è la frequenza della radiazione elettromagnetica in microonda applicata alla giunzione, n è un numero intero e K_J è la costante di Josephson (ritenuta pari a $2e/h$, dove e è la carica elettrica dell'elettrone ed h è la costante di Planck). In alternativa alle pile campione di tipo Weston sature, si usano generatori di tensione di tipo elettronico (con diodi Zener), in genere con tensioni di uscita dell'ordine di 1 V o 10 V.

In base ad una analisi delle più accurate determinazioni di K_J in unità SI, il CIPM ha raccomandato di adottare dal 1° gennaio 1990 per K_J il valore di 483 597,9 GHz/V ed ha valutato in $\pm 4 \cdot 10^{-7}$ la corrispondente incertezza. La riproducibilità di K_J, e quindi la sua indipendenza dai dettagli sperimentali e dal dispositivo adottato, è stata invece accertata a livello di alcune parti su 10^{14}.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale, per tensione elettrica da 1 V a 10 V, è pari a $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti d'incertezza di tipo A e di tipo B. In particolare, la componente di tipo A è valutata pari a $\pm 1{,}8 \cdot 10^{-7}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- instabilità a breve termine dei generatori usati per conservare il campione di tensione elettrica ($\pm 1{,}5 \cdot 10^{-7}$);
- realizzazione del circuito di misura e grandezze d'influenza relative all'ambiente ($\pm 1 \cdot 10^{-7}$).

La componente di tipo B è valutata pari a $\pm 4{,}6 \cdot 10^{-7}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- determinazione del valore in unità SI della costante K_{J-90} (stimata dal CIPM pari a $\pm 4 \cdot 10^{-7}$);
- procedura adottata per operare il trasferimento dalla tensione quantizzata Josephson ai citati generatori ($\pm 1 \cdot 10^{-7}$);
- deriva della forza elettromotrice fornita dai citati generatori tra due successive operazioni di trasferimento ($\pm 2 \cdot 10^{-7}$).

Il campione nazionale è in accordo con quelli realizzati presso gli altri laboratori nazionali mediante lo stesso effetto fisico con un'incertezza di $\pm 1 \cdot 10^{-7}$.

3. Il campione nazionale ha partecipato nel 1988 ad un confronto internazionale promosso dal BCR. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

4. Il corretto comportamento del campione nazionale è verificato eseguendo periodicamente il confronto con la tensione quantizzata Josephson ed esaminando l'andamento temporale del valore di ogni singolo generatore rispetto alla media dei valori del gruppo.

5. Per alte tensioni in regime continuo l'IEN realizza e conserva:

- un gruppo di divisori resistivi di tipo Hamon autotarati al livello di $\pm 1{,}5 \cdot 10^{-6}$, con un'incertezza relativa di $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ per tensione elettrica da 1 mV a 1 kV;
- un divisore resistivo con rapporti fissi tra 100 kV/1 kV e 100 kV/1 V, con un'incertezza relativa di $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ per tensione elettrica da 1 kV a 100 kV.

Questo campione ha partecipato nel 1982 ad un confronto internazionale promosso dal BCR. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

6. Dal campione nazionale di tensione elettrica deriva il campione nazionale di tensione elettrica in regime alternato sinusoidale, realizzato e conservato mediante un gruppo di convertitori termoelettrici per il trasferimento al regime continuo, con un'incertezza relativa di $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ per tensione elettrica da 0,5 V a 4 V e frequenza da 40 Hz a 20 kHz. Un secondo gruppo di convertitori termoelettrici, muniti di resistori addizionali, è conservato per estendere il trasferimento al regime alternato di tensione elettrica da 1 V a 1 kV, con un'incertezza relativa di $\pm 2{,}5 \cdot 10^{-5}$ per frequenza da 40 Hz a 50 kHz.

I convertitori per il trasferimento di tensione alternata al regime continuo hanno partecipato nel 1982 a un confronto internazionale promosso dal BCR, ottenendo differenze minori delle incertezze dichiarate.

7. Per alte tensioni elettriche in regime alternato sinusoidale, l'IEN realizza e conserva un campione costituito da un apparato basato su condensatori in gas e comparatori induttivi di corrente, con una incertezza di $\pm 1{,}5 \cdot 10^{-5}$ per il rapporto e di ± 15 µrad per la differenza di fase della tensione elettrica, per tensione elettrica da 1 kV a 120 kV e per frequenza da 50 Hz a 60 Hz. Questo campione ha partecipato nel 1981 ad un confronto internazionale promosso dal BCR. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

8. Nel 1985 l'IEN ha firmato con il NIST (USA) un accordo nel quale i due istituti riconoscono l'equivalenza dei campioni nazionali di tensione elettrica da loro realizzati.

8. *Campione nazionale di intensità di campo elettrico*

1. Il campione nazionale di intensità di campo elettrico è conservato mediante un condensatore, che permette di generare un campo elettrico uniforme di nota intensità, realizzato tenendo conto della norma IEC 833 (1987). Il condensatore è costituito da due elettrodi quadrati piano-paralleli in alluminio e da 4 anelli di guardia che hanno lo scopo di migliorare l'uniformità del campo elettrico. Gli elettrodi, ciascuno di dimensioni pari a 2 m × 2 m e distanti tra loro 1 m, sono disposti su appositi sostegni che garantiscono la stabilità del sistema ed un elevato grado di planarità. Per l'alimentazione si usa un trasformatore con avvolgimento secondario con presa centrale connessa al potenziale di terra, in modo da consentire l'alimentazione simmetrica delle piastre.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale, per intensità di campo elettrico da 10 V/m a 60 kV/m, è pari a $\pm 1,5 \cdot 10^{-3}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti d'incertezza di tipo A e di tipo B.

In particolare, la componente di tipo A è valutata pari a $\pm 1,1 \cdot 10^{-3}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- misurazione della distanza tra gli elettrodi ($\pm 0,3 \cdot 10^{-3}$);
- instabilità e misurazione della tensione applicata, in regime alternato sinusoidale alla frequenza di 50 Hz e fino a 60 kV/m ($\pm 1 \cdot 10^{-3}$).

La componente di tipo B è valutata pari a $\pm 0,7 \cdot 10^{-3}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- determinazione, con metodi numerici e tenendo in conto la forma degli elettrodi e gli anelli di guardia, dell'uniformità del campo elettrico nel volume centrale tra gli elettrodi, avente dimensioni pari a 0,4 m × 0,4 m × 0,2 m ($\pm 0,3 \cdot 10^{-3}$);
- determinazione con metodi numerici dell'effetto, sul valore del campo elettrico, della presenza del misuratore di campo da tarare nel volume centrale ($\pm 0,6 \cdot 10^{-3}$).

3. Il corretto comportamento del campione nazionale è verificato misurando periodicamente la planarità, il parallelismo e la distanza tra le piastre.

9. *Campione nazionale di resistenza elettrica, impedenza*

1. Coerentemente con la raccomandazione 2-CI-1988 approvata dal CIPM alla sua 77a riunione, dal 1° gennaio 1990 il campione nazionale di resistenza elettrica è conservato mediante un gruppo di resistori la cui resistenza elettrica è determinata periodicamente per confronto con la resistenza elettrica quantizzata di Hall che si manifesta in un particolare dispositivo semiconduttore, raffreddato a temperature dell'ordine di 1 K, sottoposto ad un campo di induzione magnetica dell'ordine di 10 T. In queste condizioni la resistenza di Hall è data dalla relazione $R_H = R_K / n$, dove R_K è la costante di von Klitzing (ritenuta pari h / e^2, dove h è la costante di Planck ed e è la carica elettrica dell'elettrone) ed n è un numero intero.

In base ad una analisi delle più accurate determinazioni di R_K in unità SI, il CIPM ha raccomandato di adottare dal 1° gennaio 1990 per R_K il valore di 25 812,807 Ω ed ha valutato in $\pm 2 \cdot 10^{-7}$ la corrispondente incertezza. La riproducibilità di R_H, e quindi la sua indipendenza dai dettagli sperimentali e dal dispositivo semiconduttore adottato, è stata invece accertata a livello almeno di alcune parti su 10^9.

Il gruppo di resistori usato per conservare il campione nazionale comprende, oltre al gruppo di resistori da 1 Ω che ha conservato il campione italiano di unità di resistenza elettrica precedentemente al 1° gennaio 1990, altri resistori con valori decadici da 10 Ω a 10 kΩ. I resistori sono mantenuti in bagni a temperatura controllata.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale, per resistenza elettrica da 1 Ω a 10 kΩ, è pari a $\pm 3 \cdot 10^{-7}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti d'incertezza di tipo A e di tipo B. In particolare, la componente di tipo A è contenuta entro $\pm 2 \cdot 10^{-7}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- trasferimento della resistenza quantizzata di Hall al gruppo di resistori da 1 Ω ($\pm 0,2 \cdot 10^{-7}$);
- instabilità di temperatura e di pressione atmosferica dell'ambiente nel quale sono mantenuti i resistori che conservano il campione ($\pm 1,5 \cdot 10^{-7}$);
- sensibilità del sistema di misura e instabilità delle reti di resistori nel trasferimento ai valori decadici da 1 Ω a 10 kΩ ($\pm 1,2 \cdot 10^{-7}$).

La componente di tipo B è contenuta entro $\pm 2,3 \cdot 10^{-7}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- determinazione del valore in unità SI della costante R_K (stimata dal CIPM pari a $\pm 2,10^{-7}$);
- trasferimento della resistenza quantizzata di Hall al gruppo di resistori da 1 Ω ($\pm 0,5 \cdot 10^{-7}$);
- deriva del valore del gruppo di resistori che conserva il campione nazionale ($\pm 0,6 \cdot 10^{-7}$);
- errore di rapporto del sistema di misura e delle reti di resistori nel trasferimento ai valori decadici ($\pm 0,8 \cdot 10^{-7}$).

3. Il campione nazionale di resistenza elettrica ha partecipato nel 1990 ad un confronto internazionale, effettuato presso il BIPM mediante trasporto di resistori campione, successivamente all'adozione dell'effetto Hall quantico per la riproduzione della unità. I risultati ottenuti hanno mostrato che l'unità di resistenza riprodotta in Italia presso l'IEN è in accordo con quella riprodotta presso il BIPM entro una incertezza di $\pm 5 \cdot 10^{-8}$, essendo una parte di tale incertezza da attribuire al trasporto dei resistori campione.

4. Il corretto comportamento del campione nazionale è verificato, eseguendo periodicamente il trasferimento dalla resistenza quantizzata di Hall, nonché esaminando l'andamento temporale del valore di ogni singolo resistore rispetto alla media dei valori del gruppo.

5. Dal campione nazionale di resistenza elettrica derivano:

- il campione conservato mediante un gruppo di resistori di valore decadico nel campo da 100 μΩ a 0,1 Ω, con un'incertezza relativa di $1 \cdot 10^{-5}$ per il valore 100 μΩ, di $3 \cdot 10^{-6}$ per il valore 1 mΩ e di $1 \cdot 10^{-6}$ per i valori 10 mΩ e 100 mΩ;
- il campione conservato mediante un gruppo di resistori di valore decadico nel campo da 100 kΩ a 1 TΩ, con un'incertezza relativa che varia, per i diversi valori di resistenza, da $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ a $\pm 3 \cdot 10^{-3}$. Questo campione ha partecipato nel 1983 a un confronto internazionale promosso dal BCR. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

6. Dal campione nazionale di resistenza deriva il campione di resistenza in regime alternato sinusoidale, conservato mediante un gruppo di resistori per corrente alternata con valori decadici da 10 Ω a 10 kΩ, con un'incertezza relativa di $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ per il modulo e di ± 10 μrad per l'angolo caratteristico dell'impedenza e per frequenza fino a 2 kHz. Questo campione è stato confrontato nel 1987 con analoghi campioni di istituti metrologici di altri Paesi europei, ottenendo differenze rispetto alla media dei risultati minori dell'incertezza specificata per il campione.

7. Nel 1985 l'IEN ha firmato con il NIST (USA) un accordo nel quale i due istituti riconoscono l'equivalenza dei campioni nazionali di resistenza elettrica da loro realizzati.

Campione nazionale di impedenza caratteristica

In regime alternato sinusoidale l'IEN realizza e conserva il campione di impedenza caratteristica, derivandolo dal campione nazionale di lunghezza, mediante una sezione di linea di trasmissione in guida d'onda in aria a 10 GHz, con un'incertezza relativa di $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ per impedenza da 400 Ω a 600 Ω. Questa incertezza deriva principalmente da:

- misurazione delle dimensioni trasversali della guida d'onda;
- determinazione della conducibilità elettrica del materiale costituente la guida d'onda alle lunghezze d'onda d'interesse.

Questo campione ha partecipato nel 1982 ad un confronto internazionale promosso dal BCR. I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

10. *Campione nazionale di capacità elettrica*

1. Il campione nazionale di capacità elettrica è conservato mediante un gruppo di condensatori con valori decadici da 10 pF a 1 nF. I condensatori da 10 pF e 100 pF hanno dielettrico in quarzo vetroso, quelli da 1 nF hanno dielettrico gassoso. Essi sono completamente schermati dal campo elettrico e la capacità elettrica è definita come capacità diretta tra i due elettrodi attivi, ambedue isolati dallo schermo, e riferita ai terminali coassiali di cui ciascun condensatore è dotato. Le condizioni termostatiche sono ottenute, a seconda dei tipi di condensatore, mediante bagno d'olio o contenitori termostatici in aria e sono in ogni caso tali da contenere l'incertezza dipendente dalla temperatura entro valori minori della componente di incertezza di tipo A sotto specificata.

La derivazione dal campione nazionale di resistenza elettrica avviene, secondo i metodi di confronto propri delle ammettenze in bassa frequenza, equilibrando le correnti che attraversano un resistore ed un condensatore alimentati con tensioni alternate sinusoidali tra di loro in quadratura.

Il riferimento all'unità SI è stabilito dal complesso di esperimenti attuati dai principali laboratori metrologici per determinare la costante di von Klitzing, sulla quale il campione nazionale di resistenza elettrica è basato. Tali esperimenti includono, con peso determinante, la misura assoluta della capacità elettrica mediante condensatore calcolabile.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale è stimata pari a $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ alla frequenza angolare di 10 krad/s ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti d'incertezza di tipo A e di tipo B.

In particolare, la componente di tipo A è stimata pari a $\pm 3 \cdot 10^{-7}$ e dipende in misura preponderante dal procedimento di derivazione dal campione nazionale di resistenza elettrica. La componente di tipo B è stimata pari a $\pm 4 \cdot 10^{-7}$ e dipende in misura preponderante dall'incertezza del campione nazionale di resistenza elettrica e dal procedimento di derivazione da esso.

3. Il campione nazionale ha partecipato nel 1982 a un confronto internazionale organizzato dal BIPM mediante campioni di trasferimento da 10 pF. I risultati ottenuti hanno messo in evidenza differenze, rispetto alla media dei campioni di laboratori dotati di condensatore calcolabile, minori dell'incertezza sopra specificata.

4. Il corretto comportamento del campione nazionale è verificato osservando l'andamento temporale dei valori dei singoli condensatori che lo compongono rispetto alla media, nonché derivando il valore di questa rispetto al campione nazionale di resistenza elettrica.

5. Dal campione nazionale di capacità elettrica deriva, nel campo da 10 nF a 1 μF, il campione di capacità elettrica conservato mediante un gruppo di condensatori con dielettrico in mica, definiti come ammettenze a quattro coppie di terminali e con capacità elettrica riferita ai terminali coassiali di cui ciascun condensatore è dotato. L'incertezza relativa di questo campione è stimata pari a $\pm 1 \cdot 10^{-5}$.

Il campione ha partecipato nel 1985 a un confronto internazionale organizzato dalla WECC, ottenendo risultati compatibili con quelli degli altri istituti metrologici primari.

6. Dal campione nazionale di capacità elettrica deriva, per alte tensioni alternate fino a 100 kV alla frequenza di 50 Hz, il campione di capacità elettrica conservato mediante un gruppo di condensatori in gas compresso con valori compresi tra 100 pF e 10 nF. L'incertezza di questo campione è stimata pari a $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ e ± 5 μrad rispettivamente per la capacità elettrica e per l'angolo di perdita.

Questo campione ha partecipato nel 1984 ad un confronto internazionale, promosso dal BCR.

I risultati ottenuti hanno confermato i livelli di incertezza specificati per il campione.

7. Nel 1985 l'IEN ha firmato con il NIST (USA) un accordo nel quale i due istituti riconoscono l'equivalenza dei campioni nazionali di capacità elettrica da loro realizzati.

11. *Campione nazionale di flusso di induzione magnetica.*

1. Il mutuo induttore usato per conservare il campione nazionale di flusso di induzione magnetica è stato costruito presso l'IEN ed è costituito da 2 avvolgimenti accoppiati avvolti su di un supporto cilindrico di marmo privo di fenditure, il quale fornisce garanzie di stabilità delle dimensioni geometriche.

Il mutuo induttore, avente una mutua induttanza di 0,939 mH, consente di generare nell'avvolgimento secondario una variazione di flusso di induzione magnetica da 1 μWb a 10 Wb, invertendo la polarità dell'intensità di corrente elettrica nell'avvolgimento primario tra 1 mA e 10 A.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale è pari a $\pm 1,5 \cdot 10^{-3}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti d'incertezza di tipo A e di tipo B. In particolare, la componente di tipo A è valutata pari a $\pm 1,1 \cdot 10^{-3}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- instabilità e misurazione dell'intensità di corrente elettrica nell'avvolgimento primario ($\pm 1 \cdot 10^{-3}$);
- misurazione della mutua induttanza per confronto con il campione nazionale di induttanza ($\pm 3 \cdot 10^{-4}$);
- instabilità a breve termine della mutua induttanza, dovuta a variazioni delle dimensioni geometriche e della temperatura ambiente, regolata a 23 °C $\pm$ 1 °C ($\pm 3 \cdot 10^{-4}$).

La componente di tipo B è valutata pari a $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- misurazione della mutua induttanza per confronto con il campione nazionale di induttanza ($\pm 8 \cdot 10^{-4}$);
- deriva a lungo termine della mutua induttanza tra due successivi confronti con il campione nazionale di induttanza ($\pm 6 \cdot 10^{-4}$).

3. Il corretto funzionamento del campione nazionale è assicurato da periodiche verifiche della taratura delle apparecchiature di misura dell'intensità di corrente elettrica e da tarature periodiche del mutuo induttore con riferimento al campione nazionale di induttanza.

12. *Campione nazionale di induzione magnetica.*

1. La coppia di bobine di Helmholtz usata per conservare il campione nazionale di induzione magnetica è costituita da 2 avvolgimenti, ciascuno di $N = 2080$ spire, distanziati di $l = 25$ mm l'uno dall'altro, avvolti su un cilindro cavo di materiale amagnetico e isolante, avente diametro esterno di 221 mm e diametro interno di 201 mm. La coppia consente di generare induzione magnetica da 1 mT a 25 mT variando l'intensità di corrente elettrica tra 56,5 mA e 1,4 A.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato il campione nazionale di induzione magnetica è pari a $\pm 3 \cdot 10^{-3}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B. La componente di tipo A è valutata pari a $\pm 1,4 \cdot 10^{-3}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- instabilità e misurazione dell'intensità di corrente elettrica ($\pm 1 \cdot 10^{-3}$);
- instabilità a breve termine delle dimensioni geometriche e quindi del rapporto N/l, dovuta a variazioni della temperatura ambiente, regolata a 23 °C $\pm$ 1 °C, e all'intensità di corrente elettrica applicata ($\pm 1 \cdot 10^{-3}$).

La componente di tipo B è contenuta entro $\pm 2,5 \cdot 10^{-3}$ e deriva dalle componenti dello stesso tipo dovute a:

- determinazione del rapporto N/l ($\pm 2 \cdot 10^{-3}$);
- deriva a lungo termine delle dimensioni geometriche delle bobine tra due successive determinazioni del rapporto N/l ($\pm 1,5 \cdot 10^{-3}$).

3. Il campione nazionale è stato impiegato per la misura di grandezze magnetiche nell'ambito di confronti internazionali promossi dal BCR su lamiere magnetiche, ai quali l'IEN ha partecipato nel 1981 e nel 1988.

4 Il corretto funzionamento del campione nazionale è assicurato da periodiche verifiche della taratura delle apparecchiature di misura dell'intensità di corrente elettrica.

5 Per induzione magnetica da 100 mT a 1,2 T l'IEN conserva come campione di induzione magnetica un elettromagnete, con traferro di 76 mm, associato a un misuratore a risonanza nucleare. Questo misuratore ha due sonde, contenenti la prima una quantità pari a 0,2 cm^3 di una soluzione molare al 25% di $GdCl_3$ in H_2O, la seconda una soluzione satura di $GdCl_3$ in D_2O Le soluzioni sono incapsulate in un contenitore del diametro di 6,35 mm e di pari lunghezza. L'induzione magnetica B nella zona centrale del traferro è data dalla relazione $B = \mu_o f/\gamma$, dove μ_o è la permeabilità magnetica dell'aria, f la frequenza di Larmor, γ il rapporto giromagnetico del protone.

L'incertezza relativa con la quale è conservato questo campione di induzione magnetica è contenuta entro $\pm 3 \cdot 10^{-5}$.

Per induzione magnetica da 1 μT a 10 mT alla frequenza di 50 Hz, l'IEN conserva come campione di induzione magnetica un sistema costituito da una coppia di bobine distanziate tra loro in modo da minimizzare la disuniformità del campo magnetico nella zona centrale. Ciascuna bobina è costituita da 300 spire di sezione quadrata, avvolte su un supporto di materiale amagnetico e isolante.

L'incertezza relativa con la quale è conservato questo campione di induzione magnetica è contenuta entro $\pm (6 \cdot 10^{-3} + 5\ \text{nT} / B)$, dove è indicata con B l'induzione magnetica

13 *Campione nazionale di induttanza.*

1 Il campione nazionale di induttanza è conservato mediante un gruppo di induttori con valori decadici da 1 mH a 1 H. Tutti gli induttori sono costituiti da un avvolgimento toroidale su supporto amagnetico e sono completamente schermati dal campo elettrico. L'induttanza è riferita ai due terminali a cui fanno capo gli estremi dell'avvolgimento, con le capacità tra i terminali e lo schermo escluse dalla misura Il collegamento di ciascun induttore al circuito di misura avviene attraverso un apposito adattatore che consente di rendere minima l'influenza della linea di connessione mediante l'applicazione della tecnica di definizione con quattro porte coassiali Le condizioni termostatiche dell'ambiente in cui il campione viene impiegato sono tali da contenere l'incertezza dipendente dalla temperatura entro valori minori della componente di incertezza di tipo A sotto specificata.

La derivazione dal campione nazionale di resistenza elettrica avviene

- per gli induttori di valore più elevato, secondo i metodi di confronto propri delle ammettenze in bassa frequenza, confrontando le correnti che attraversano un resistore ed un induttore alimentati con tensioni alternate sinusoidali tra di loro in quadratura;

- per gli induttori di valore inferiore, secondo i metodi di confronto propri delle impedenze in bassa frequenza, confrontando le tensioni che si producono ai terminali di un resistore e di un induttore alimentati con una stessa corrente alternata sinusoidale.

Il riferimento all'unità SI è stabilito dal complesso di esperimenti attuati dai principali laboratori metrologici per determinare la costante di von Klitzing, sulla quale il campione nazionale di resistenza elettrica è basato. Tali esperimenti includono, con peso determinante, la misura assoluta della capacità elettrica mediante condensatore calcolabile.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale è stimata pari $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ alla frequenza angolare di 10 krad/s ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti d'incertezza di tipo A e di tipo B. In particolare, la componente di tipo A dipende dal valore dell'induttanza ed è stimata in ogni caso minore di $\pm 1{,}8 \cdot 10^{-5}$. La componente di tipo B dipende anch'essa dal valore dell'induttanza ed è stimata in ogni caso minore di $\pm 1 \cdot 10^{-5}$.

3. Il campione nazionale ha partecipato nel 1984 a un confronto internazionale organizzato in ambito europeo dal BCR mediante campioni di trasferimento comprendenti i valori 10 mH e 1 H. I risultati ottenuti hanno messo in evidenza differenze, rispetto alla media dei valori dei campioni degli altri laboratori, entro l'incertezza sopra specificata sino alla frequenza di 1 kHz per il valore di 10 mH e sino alla frequenza di 400 Hz per il valore di 1 H, a causa del particolare metodo impiegato presso l'IEN che non risente delle capacità parassite verso lo schermo dell'induttore.

4. Il corretto comportamento del campione nazionale è verificato osservando l'andamento temporale dei valori dei singoli induttori che lo compongono rispetto alla media, nonché derivando il valore di questa dal campione nazionale di resistenza elettrica.

14. *Campione nazionale di flusso luminoso.*

1. Il campione nazionale di flusso luminoso è conservato mediante un gruppo di lampade ad incandescenza, caratterizzate da un filamento circolare, alimentate in regime continuo e tarate ad intensità di corrente elettrica costante.

La misurazione del flusso luminoso emesso nello spazio dalla sorgente è effettuata integrando l'illuminamento misurato dal rivelatore su una superficie sferica contenente la sorgente stessa.

Il dispositivo di misura è costituito da un braccio a U che porta alla sua estremità il rivelatore fotoelettrico. Questo braccio è incernierato, intorno ad un'asse orizzontale, ad un portale che può essere ruotato intorno ad un'asse verticale. Disposta la lampada nel punto di incrocio dei due assi di rotazione, si effettuano misure di illuminamento lungo successivi meridiani o paralleli percorrendo con il rivelatore fotoelettrico l'intera sfera e lasciando la lampada fissa.

Il rivelatore è costitutito da una cellula fotovoltaica al silicio, stabilizzata in temperatura e con una sensibilità spettrale che simula quella dell'osservatore fotometrico di riferimento. Per ridurre l'influenza di eventuali luci parassite essa è schermata in modo tale che il suo campo visivo sia occupato, ad eccezione della lampada, esclusivamente da superfici nere.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale, per flusso luminoso da 2000 lm a 3000 lm, è pari a $\pm 6 \cdot 10^{-3}$ ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B. La componente di tipo A è valutata pari a $\pm 5{,}3 \cdot 10^{-3}$ ed è dovuta.

- per il goniofotometro, alla misurazione del raggio della superficie sferica ($\pm 0{,}3 \cdot 10^{-3}$) e alla schermatura dovuta al portalampada ($\pm 0{,}1 \cdot 10^{-3}$);

- per la lampada, all'instabilità dell'alimentatore in corrente continua ($\pm 0{,}7 \cdot 10^{-3}$) e alla misurazione dell'intensità di corrente ($\pm 1{,}4 \cdot 10^{-3}$);

- per il rivelatore, alla misurazione della fotocorrente ($\pm 0{,}2 \cdot 10^{-3}$), all'effetto della temperatura ($\pm 0{,}1 \cdot 10^{-3}$), all'imperfetta correzione spettrale ($\pm 0{,}2 \cdot 10^{-3}$), alle luci parassite ($\pm 0{,}3 \cdot 10^{-3}$) ed alla taratura per mezzo dei campioni di intensità luminosa ($\pm 5 \cdot 10^{-3}$).

La componente di tipo B è legata alle diverse procedure di integrazione del segnale luminoso; essa è stimata essere $\pm 3 \cdot 10^{-3}$, come risultato del VI confronto internazionale di campioni di flusso luminoso organizzato dal BIPM nel 1985.

3 Per quanto riguarda il rapporto fra la realizzazione nazionale e l'unità media internazionale l'unità italiana è da ritenersi uguale all'unità SI entro $5 \cdot 10^{-3}$, come riportato sul Rapporto della XI sessione del CCPR

4. Eventuali comportamenti anomali di una lampada del gruppo sono posti in evidenza, durante i confronti periodici, dallo scostamento anomalo del flusso luminoso da essa emesso, misurato con una sfera di Ulbricht, dalla media dei valori del gruppo Per verificare la presenza di eventuali derive dell'intero gruppo, viene effettuata periodicamente la misurazione mediante il goniofotometro.

15. *Campione nazionale di attività (dei radionuclidi)*

1. Il campione nazionale di attività è conservato mediante sorgenti di radionuclidi e mediante:

a) apparato per la misurazione dell'attività di radionuclidi emettitori $\beta - \gamma$, $\alpha - \gamma$ e $X - \gamma$, con il metodo dei *conteggi in coincidenza*, basato su un contatore proporzionale a flusso di gas e su un rivelatore a ioduro di sodio attivato al tallio;

b) apparato per la misurazione dell'attività di radionuclidi emettitori X — γ, γ — γ e X — X, con il metodo del *conteggi nel picco somma*, basato su un rivelatore a ioduro di sodio attivato al tallio del tipo a pozzetto;

c) apparato per la misurazione dell'attività di radionuclidi emettitori di particelle cariche (α, β, elettroni di conversione) basato su un contatore proporzionale con geometria di rivelazione 4π sr.

Gli apparati sopra descritti operano tra 1 kBq e 20 kBq.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale di attività è compresa tra $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ e $\pm 3 \cdot 10^{-2}$, a seconda del tipo di radionuclide e del metodo di misurazione utilizzato ed è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B.

La componente di tipo A è dovuta alla statistica di conteggio e al livello di stabilità delle condizioni operative della misurazione. Essa varia da $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ a $\pm 3 \cdot 10^{-3}$ con il tipo di radionuclide e con l'attività dei radionuclidi.

La componente di tipo B, stimata sia sulla base dei confronti internazionali effettuati sia sulla base dei diversi parametri strumentali e dei diversi parametri fisici coinvolti, varia da $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ a $\pm 3 \cdot 10^{-2}$ con il tipo di radionuclide e con l'attività dei radionuclidi.

3. Il campione descritto nel punto a) ha partecipato nel 1989 a un confronto internazionale con il BIPM e il OMH effettuato mediante sorgenti solide di ^{60}Co. In entrambi i confronti le differenze relative tra i campioni sono risultate comprese tra $1 \cdot 10^{-3}$ $3 \cdot 10^{-3}$. Nel 1990, utilizzando sorgenti liquide di ^{60}Co, lo stesso campione è stato confrontato indirettamente con quelli degli altri Paesi tramite la procedura del SIR gestita dal BIPM. La differenza relativa tra il campione nazionale italiano e la media degli altri campioni è risultata $-1 \cdot 10^{-3}$.

Il campione descritto nel punto b) ha partecipato nel 1988 a un confronto internazionale organizzato dal BIPM effettuato mediante sorgenti liquide acquose di ^{125}I. La differenza relativa tra il campione nazionale italiano e la media degli altri campioni è risultata $+ 1{,}3 \cdot 10^{-2}$.

4. Il corretto comportamento del campione nazionale è verificato mediante i periodici confronti internazionali e tramite periodiche verifiche della riproducibilità con sorgenti di attività nota.

5. Ai fini dell'estensione del campo di valori dell'attività, vengono impiegati apparati di misurazione basati su metodi ionometrici, per attività da 10 kBq a 10 MBq, e spettrometrici, per attività da 1 Bq a 10 kBq.

Campione nazionale di concentrazione di attività.

L'ENEA realizza il campione nazionale di concentrazione di attività (unità becquerel al kilogrammo, simbolo Bq kg^{-1}). Esso è derivato dai campioni nazionali di attività e di massa, con incertezza relativa compresa tra $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ e $\pm 3 \cdot 10^{-2}$ per concentrazione di attività da 1 Bq kg^{-1} a 3 GBq kg^{-1}.

16. *Campione nazionale di dose assorbita.*

1. Il campione nazionale di dose assorbita è conservato mediante:

a) calorimetro in grafite e impianti per la produzione di fasci di elettroni e fotoni con energia massima compresa fra 1 MeV e 20 MeV, per dose assorbita in grafite da 0,1 Gy a 30 Gy, con ratei di dose assorbita da $2 \cdot 10^{-3}$ Gy s^{-1} a $3 \cdot 10^{-2}$ Gy s^{-1}. La misura di dose assorbita viene effettuata, in condizioni di quasi adiabaticità, confrontando l'innalzamento di temperatura nella massa nota di grafite con cui la radiazione ha interagito con quello prodotto da una energia elettrica nota dissipata nella medesima massa di riferimento.

La conversione dalla dose assorbita in grafite a quella riferita ad un altro mezzo è attuata mediante i procedimenti teorico-sperimentali convenuti a livello internazionale e basati su fattori di conversione raccomandati da organismi internazionali (BIPM, ICRU);

b) camera a ionizzazione del tipo a cavità con pareti di grafite e volume nominale di 1 cm^3, posta in fantoccio di grafite, e impianto per la produzione di un fascio di radiazione γ di ^{60}Co, per dose assorbita in grafite da $3 \cdot 10^{-3}$ Gy a $3 \cdot 10^{-1}$ Gy e con rateo di dose assorbita da $2 \cdot 10^{-4}$ Gy s^{-1} a $7 \cdot 10^{-3}$ Gy s^{-1}.

Al campione è associato un sistema per la misura della carica di ionizzazione, costituito da un circuito integratore basato su un amplificatore di carica. L'incertezza relativa sulla misura della carica è contenuta entro $\pm 2 \cdot 10^{-3}$.

La dose assorbita è ottenuta moltiplicando la carica di ionizzazione per determinate costanti fisiche, per determinati coefficienti di interazione della radiazione con la materia e per gli opportuni fattori correttivi.

La conversione dalla dose assorbita in grafite a quella riferita ad un altro mezzo è attuata mediante i procedimenti teorico-sperimentali convenuti a livello internazionale e basati su fattori di conversione raccomandati da organismi internazionali (BIPM, ICRU);

c) camera a ionizzazione del tipo ad estrapolazione e sorgenti di radiazione β da ^{90}Sr + ^{90}Y da ^{147}Pm e da ^{104}Tl, per dose assorbita in un mezzo *tessuto equivalente* da $2 \cdot 10^{-4}$ Gy a $5 \cdot 10^{-1}$ Gy e con rateo di dose assorbita da $3 \cdot 10^{-7}$ Gy s^{-1} a $5 \cdot 10^{-4}$ Gy s^{-1}.

Al campione è associato un sistema per la misura assoluta della carica di ionizzazione, costituito da un circuito integratore basato su un amplificatore di carica. L'incertezza relativa sulla misura della carica è contenuta entro $\pm 2 \cdot 10^{-3}$.

La dose assorbita è ottenuta moltiplicando la carica di ionizzazione per determinate costanti fisiche, per determinati coefficienti di interazione della radiazione con la materia e per gli opportuni fattori correttivi.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale di dose assorbita varia a seconda del campione utilizzato. Essa è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B e risulta:

- per il campione descritto nel punto a) varia da $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ $\pm 7 \cdot 10^{-3}$ a seconda dell'energia della radiazione e del rateo di dose assorbita. La componente di tipo A è contenuta entro $\pm 4 \cdot 10^{-3}$; la componente di tipo B, stimata sulla base dei diversi parametri strumentali e di misura, è contenuta entro $\pm 3 \cdot 10^{-3}$;

- per il campione descritto nel punto b) è pari a $\pm 5 \cdot 10^{-3}$. La componente di tipo A è contenuta entro $\pm 2 \cdot 10^{-3}$; la componente di tipo B, stimata sulla base dei diversi parametri strumentali e di misura, è contenuta entro $\pm 4 \cdot 10^{-3}$;

- per il campione descritto nel punto c) è pari a $\pm 3 \cdot 10^{-2}$. La componente di tipo A è contenuta entro $\pm 2 \cdot 10^{-3}$; la componente di tipo B, stimata sulla base dei diversi parametri strumentali e di misura, è contenuta entro $\pm 3 \cdot 10^{-2}$.

Il corretto funzionamento del campione nazionale è verificato mediante i periodici confronti internazionali e tramite periodiche verifiche della riproducibilità a breve e a lungo termine.

Campione nazionale di equivalente di dose da radiazione beta

L'ENEA realizza il campione dell'equivalente di dose da radiazione β (unità sievert, simbolo Sv). Esso è derivato, mediante coefficienti di conversione raccomandati a livello internazionale (ICRP), dal campione nazionale di dose assorbita, realizzato con la camera ad estrapolazione.

L'incertezza relativa con cui è realizzato l'equivalente di dose da radiazione β è contenuta entro $\pm 1 \cdot 10^{-1}$ per equivalente di dose da $2 \cdot 10^{-4}$ Sv a $5 \cdot 10^{-1}$ Sv e con rateo di equivalente di dose da $\pm 3 \cdot 10^{-7}$ Sv s^{-1} a $5 \cdot 10^{-4}$ Sv s^{-1}. Essa è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B. La componente di tipo A varia da $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ a $\pm 2 \cdot 10^{-2}$ a seconda del rateo di equivalente di dose. La componente di tipo B, stimata in base ai parametri fisici e strumentali, è contenuta entro $\pm 1 \cdot 10^{-1}$.

17. *Campione nazionale di densità di flusso di neutroni*

1. Il campione nazionale di densità di flusso di neutroni è conservato mediante:

a) sorgenti di neutroni veloci di americio-berillio e di californio e apparati di misurazione che consentono di applicare il metodo del *bagno al solfato di manganese*, per flusso di sorgente di neutroni compreso tra $1 \cdot 10^5\ s^{-1}$ e $1 \cdot 10^7\ s^{-1}$;

b) sorgente di neutroni termici, ottenuti rallentando in grafite i neutroni veloci di sorgenti di americio-berillio, e apparati di misurazione che consentono l'applicazione del metodo della *attivazione dell'oro* e della *differenza del cadmio*, per densità di flusso pari a $1 \cdot 10^{-4}\ s^{-1}m^{-2}$. La sorgente di neutroni termici è caratterizzata da un rapporto cadmio (relativo all'oro) uguale a $9{,}33 \pm 1{,}7 \cdot 10^{-2}$.

2. L'incertezza con la quale è conservato e reso disponibile il campione di densità di flusso di neutroni varia a seconda del tipo di sorgente neutronica. Essa è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B.

- Per il campione descritto nel punto a), l'incertezza relativa è pari a $\pm 3{,}7 \cdot 10^{-3}$; la componente di tipo A è pari a $\pm 1{,}5 \cdot 10^{-3}$; la componente di tipo B, stimata sulla base dei parametri fisici e strumentali, è contenuta entro $\pm 3{,}4 \cdot 10^{-3}$.

- Il campione descritto nel punto b), l'incertezza relativa è pari a $\pm 8 \cdot 10^{-3}$. La componente di tipo A è pari a $\pm 3 \cdot 10^{-3}$; la componente di tipo B, stimata sulla base dei parametri fisici e strumentali, è contenuta entro $\pm 7 \cdot 10^{-3}$.

3. Il campione di densità di flusso di neutroni veloci ha partecipato, nel periodo dal 1978 al 1984, a un confronto internazionale organizzato dal BIPM; la differenza relativa fra il campione italiano e la media degli altri campioni è risultata di $\pm 3 \cdot 10^{-3}$. Il campione di densità di flusso di neutroni termici ha partecipato nel 1972 ad un confronto internazionale con il PTB; la differenza relativa fra i due campioni è risultata $\pm 3 \cdot 10^{-3}$.

4. Il corretto funzionamento del campione nazionale è verificato mediante periodici confronti internazionali e tramite periodiche verifiche della riproducibilità a breve e a lungo termine.

Campione nazionale di equivalente di dose da neutroni

L'ENEA realizza il campione di equivalente di dose da neutroni (unità sievert, simbolo Sv). Esso è derivato dal campione nazionale di densità di flusso di neutroni mediante coefficienti di conversione raccomandati a livello internazionale (ICRP).

L'incertezza relativa con cui è realizzato il campione di equivalente di dose da neutroni è contenuta entro $\pm 1 \cdot 10^{-1}$, per ratei di equivalente di dose minori di $\pm 1 \cdot 10^{-3}\ Sv\ h^{-1}$. La componente di tipo A varia da $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ a $\pm 2 \cdot 10^{-2}$, a seconda del rateo di equivalente di dose; la componente di tipo B, stimata sulla base dei parametri fisici e strumentali, è contenuta entro $\pm 1 \cdot 10^{-1}$.

18. *Campione nazionale di esposizione*

1. Il campione nazionale di esposizione è conservato mediante:

a) camera a ionizzazione, del tipo ad aria libera e ad elettrodi piani e paralleli, e impianto per la produzione di fasci di radiazione X filtrata di energia media compresa fra 7 keV e 40 keV, per esposizione da $3 \cdot 10^{-7}\ C\ kg^{-1}$ a $4 \cdot 10^{-1}\ C\ kg^{-1}$ e per rateo di esposizione da $3 \cdot 10^{-3}\ C\ kg^{-1}\ s^{-1}$ a $2 \cdot 10^{-4}\ C\ kg^{-1}\ s^{-1}$.

I fasci di radiazione X utilizzati sono quelli raccomandati a livello internazionale dalla norma ISO 4037 e dal BIPM. Essi sono ottenuti con un apparecchio a raggi X del tipo a potenziale costante. La stabilità dell'emissione della sorgente di radiazione X è controllata mediante una camera a ionizzazione a trasmissione (camera di controllo) anch'essa del tipo ad aria libera.

Al campione è associato un sistema per la misurazione della carica di ionizzazione, costituito da un circuito integratore basato su un amplificatore di carica. Un analogo sistema di misura della carica è associato alla camera di controllo. In entrambi i casi l'incertezza relativa sulla misura della carica è contenuta entro $\pm 2 \cdot 10^{-3}$;

b) camera a ionizzazione, del tipo ad aria libera e ad elettrodi cilindrici telescopici, e impianto per la produzione di fasci di radiazione X filtrata di energia media compresa fra 40 keV e 250 keV, per esposizione da $2 \cdot 10^{-7}\ C\ kg^{-1}$ a $2 \cdot 10^{-7}\ C\ kg^{-1}$ e per rateo di esposizione da $2 \cdot 10^{-1}\ C\ kg^{-1}\ s^{-1}$ a $1 \cdot 10^{-5}\ C\ kg^{-1}\ s^{-1}$.

I fasci di radiazione X utilizzati sono quelli raccomandati a livello internazionale dalla norma ISO 4037 e dal BIPM. Essi sono ottenuti con un apparecchio a raggi X del tipo a potenziale costante. La stabilità dell'emissione della sorgente di radiazione X è controllata mediante una camera a ionizzazione a trasmissione (camera di controllo) anch'essa del tipo ad aria libera.

Al campione è associato un sistema per la misurazione della carica di ionizzazione, costituito da un circuito integratore basato su un amplificatore di carica. Un analogo sistema di misura della carica è associato alla camera di controllo. In entrambi i casi l'incertezza relativa sulla misura della carica è contenuta entro $2 \cdot 10^{-3}$;

c) camera a ionizzazione, del tipo a cavità con pareti in grafite, e impianto per la produzione di un fascio di radiazione γ del ^{60}Co (energia media 1,25 MeV), per esposizione da $1 \cdot 10^{-4}$ a $1 \cdot 10^{-2}\ C\ kg^{-1}$ e per rateo di esposizione da $5 \cdot 10^{-6}\ C\ kg^{-1}\ s^{-1}$ a $2 \cdot 10^{-4}\ C\ kg^{-1}\ s^{-1}$. Le caratteristiche costruttive della camera a ionizzazione soddisfano le condizioni della teoria della cavità di Bragg-Gray. Il volume nominale della cavità di aria della camera è di $1\ cm^3$, con un'incertezza contenuta entro $\pm 1{,}5 \cdot 10^{-3}$.

Al campione è associato un sistema per la misurazione della carica di ionizzazione, costituito da un circuito integratore basato su un amplificatore di carica. L'incertezza sulla misura della carica è contenuta entro $\pm 2 \cdot 10^{-3}$.

L'esposizione è ottenuta moltiplicando la carica di ionizzazione per determinate costanti fisiche, per determinati coefficienti di interazione della radiazione con la materia e per gli opportuni fattori correttivi.

Ai tre apparati descritti sono associati idonei strumenti per la misurazione dei dati ambientali (temperatura, pressione ed umidità relativa) allo scopo di riportare le misure a condizioni ambientali di riferimento identiche per tutti gli irraggiamenti: 293,15 K per la temperatura, 101 325 Pa per la pressione e 50% per l'umidità relativa.

2. L'incertezza relativa con la quale è conservato e reso disponibile il campione nazionale di esposizione è ottenuta sommando in quadratura le componenti di incertezza di tipo A e di tipo B e varia a seconda del campione utilizzato

- per il campione descritto al punto a) l'incertezza relativa varia, con l'energia e il rateo di esposizione, da $\pm 7 \cdot 10^{-3}$ a $\pm 1 \cdot 10^{-2}$.

- per il campione descritto al punto b) l'incertezza relativa varia, con l'energia e il rateo di esposizione, da $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ a $\pm 1 \cdot 10^{-2}$;

- per il campione descritto al punto c) l'incertezza relativa è pari a $\pm 7 \cdot 10^{-3}$.

Per ciascuno dei tre campioni descritti, la componente di tipo A è contenuta entro $\pm 4 \cdot 10^{-3}$; la componente di tipo B, stimata sia sulla base dei risultati dei confronti internazionali effettuati sia sulla base dei diversi parametri strumentali e di misura, è contenuta entro $\pm 9 \cdot 10^{-3}$.

3. Il campione nazionale di esposizione ha partecipato a numerosi confronti internazionali. In particolare:

- Il campione descritto al punto a) ha partecipato nel 1987 e nel 1990 a confronti internazionali con il BEV, l'OMH e il NPL. In tali confronti le differenze relative tra i campioni sono risultate comprese fra $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ e $\pm 4 \cdot 10^{-3}$. Il campione descritto al punto b) ha partecipato nel 1983 e nel 1990 a confronti internazionali con il BEV, l'OMH e il NPL. In tali confronti le differenze relative tra i campioni sono risultate comprese fra $\pm 8 \cdot 10^{-3}$ e $\pm 1 \cdot 10^{-2}$.
- Il campione descritto al punto c) ha partecipato nel 1983 a confronti internazionali con il BEV e l'OMH e nel 1990 con il BIPM. In tali confronti le differenze relative tra i campioni sono risultate comprese fra $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ e $\pm 3 \cdot 10^{-3}$.

4. Il corretto funzionamento del campione nazionale è verificato mediante i periodici confronti internazionali e tramite periodiche verifiche della riproducibilità a breve e a lungo termine.

Campione nazionale di kerma in aria

L'ENEA realizza il campione di kerma in aria (unità gray, simbolo Gy). Esso è derivato dal campione nazionale di esposizione tramite l'applicazione di coefficienti di conversione il cui valore è quello adottato a livello internazionale (BIPM).

L'incertezza con cui è realizzato il campione nazionale di kerma in aria viene assunta uguale a quella del campione di esposizione, poiché l'incertezza associata ai coefficienti di conversione fra le due misure è trascurabile.

Campione nazionale di equivalente di dose da radiazione X e gamma

L'ENEA realizza il campione dell'equivalente di dose da radiazione X e γ (unità sievert, simbolo Sv) per derivazione dal campione nazionale di esposizione tramite coefficienti di conversione raccomandati a livello internazionale (ICRP).

L'incertezza relativa con cui è realizzato l'equivalente di dose da radiazione X e γ è compresa tra $\pm 1 \cdot 10^{-2}$ e $\pm 1 \cdot 10^{-1}$, a seconda dell'energia della radiazione e del rateo dell'equivalente di dose.

La componente di tipo A è compresa tra $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ e $\pm 2 \cdot 10^{-2}$, a seconda del rateo di equivalente di dose; la componente di tipo B, stimata in base ai parametri fisici e strumentali, è contenuta entro $\pm 1 \cdot 10^{-1}$.

GLOSSARIO DELLE SIGLE USATE

Sigle	Loro significato
BEV	Bundesanstalt fur Eich-und Vermessungswesen (Austria)
BCR	Bureau Communautaire de Référence
BIPM	Bureau international des poids et mesures
CCE	Comitato consultivo per l'elettricità
CCM	Comitato consultivo per le masse e grandezze apparentate
CCPR	Comitato consultivo per la fotometria e la radiometria
CGPM	Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure
CIPM	Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure
CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australia)
ETL	Electrotechnical Laboratory (Giappone)
ENEA	Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
IEC	International Electrotechnical Commission
IEN	Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris»
IMGC	Istituto di Metrologia «G. Colonnetti» del CNR
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalizacao e Qualidade Industrial (Brasile)
INTI	Instituto Nacional de Tecnologia Industrial (Argentina)
ISO	International Standardization Organization
LNE	Laboratoire National d'Essais (Francia)
NIST	National Institute of Standards and Technology (USA)
NPL	National Physical Laboratory (Regno Unito)
OMH	Országos Mérésugyi Hivatal (Ungheria)
PTB	Physikalisch Technische Bundesanstalt (Germania)
SIR	International Reference System for Activity Measurements of Gamma-Ray Emitting Nuclides
SP	Statens Provningsanstalt (Svezia)
USA	United States of America
VNIIM	Istituto di Metrologia V. I. Mendéléev (CSI)
WECC	Western European Calibration Cooperation

Il Ministro dell'industria del commercio e dell'artigianato

SAVONA

NOTE

AVVERTENZA:

Il testo delle note qui pubblicato è stato redatto ai sensi dell'art. 10, comma 3, del testo unico delle disposizioni sulla promulgazione delle leggi, sull'emanazione dei decreti del Presidente della Repubblica e sulle pubblicazioni ufficiali della Repubblica italiana, approvato con D.P.R. 28 dicembre 1985, n. 1092, al solo fine di facilitare la lettura delle disposizioni di legge alle quali è operato il rinvio. Reatano invariati il valore e l'efficacia degli atti legislativi qui strascritti.

Note alle premesse:

— La legge n. 273/1991 reca: «Istituzione del sistema nazionale di taratura». Si trascrive il testo dei relativi artt. 2 e 6:

«Art. 2. — 1. Gli istituti metrologici primari effettuano studi e ricerche finalizzati alla realizzazione dei campioni primari delle unità di misura di base, supplementari e derivate del sistema internazionale delle unità di misura SI. Tali istituti confrontano a livello internazionale i campioni realizzati e li mettono a disposizione ai fini della disseminazione prevista dal sistema nazionale di taratura.

2. Svolgono le funzioni di istituti metrologici primari:

a) l'istituto di metrologia «G. Colonnetti» del Consiglio nazionale delle ricerche per i campioni riguardanti le unità di misura impiegate nel campo della meccanica e della termologia;

b) l'istituto elettronico nazionale «G. Ferraris» per i campioni riguardanti le unità di misura del tempo e delle frequenze e per le unità di misura impiegate nel campo dell'elettricità, della fotometria, dell'optometria e dell'acustica;

c) il Comitato nazionale per la ricerca o per lo sviluppo dell'energia nucleare e delle energie alternative (ENEA) e per i campioni delle unità di misura impiegate nel campo delle radiazioni ionizzanti.

3. Nello svolgimento delle loro attività i predetti istituti metrologici primari, allo scopo di assicurare una sinergia di mezzi e di competenze, si avvarranno, anche nei corrispondenti settori operativi, delle risorse messe a disposizioni da altri istituti che svolgono attività metrologiche, tra cui l'Istituto superiore delle poste e delle telecomunicazioni e l'Istituto superiore di sanità.

4. Nulla è innovato per quanto concerne competenze e funzioni dell'Ufficio centrale metrico».

«Art. 6. — 1. Dopo l'ultimo comma dell'art. 7 del regio decreto 9 gennaio 1939, n. 206, è aggiunto, in fine, il seguente:

"Il Comitato, inoltre, svolge funzioni di consulenza e di proposta nell'ambito del sistema nazionale di taratura ed esprime pareri sulle materie ad esso sottoposte dal Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato"».

— Il D.P.R. n. 802/1982 recepisce la direttiva CEE n. 80/81 che ha prescritto per tutta l'area comunitaria l'impiego delle unità di misura del Sistema Internazione (SI).

— Il comma 3 dell'art. 17 della legge n. 400/1988 (Disciplina dell'attività di Governo e ordinamento della Presidenza del Consiglio dei Ministri) prevede che con decreto ministeriale possano essere adottati regolamenti nelle materie di competenza del Ministro o di autorità sottordinate al Ministro, quando la legge espressamente conferisca tale potere. Tali regolamenti, per materie di competenza di più Ministri, possono essere adottati con decreti interministeriali, ferma restando la necessità di apposita autorizzazione da parte della legge. I regolamenti ministeriali ed interministeriali non possono dettare norme contrarie a quelle dei regolamenti emanati dal Governo. Essi debbono essere comunicati al Presidente del Consiglio dei Ministri prima della loro emanazione. Il comma 4 dello steso articolo stabilisce che gli anzidetti regolamenti debbano recare la denominazioen di «regolamento», siano adottati previo parere del Consiglio di Stato, sottoposti al visto ed alla registrazione della Corte dei conti e pubblicati nella *Gazzetta Ufficiale*.

94G0114

FRANCESCO NIGRO, *direttore*

FRANCESCO NOCITA, *redattore*
ALFONSO ANDRIANI, *vice redattore*

(6651338) Roma - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - S.

MODALITÀ PER LA VENDITA

La «Gazzetta Ufficiale» e tutte le altre pubblicazioni ufficiali sono in vendita al pubblico:

- **presso l'Agenzia dell'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato in ROMA, piazza G. Verdi, 10;**
- **presso le Concessionarie speciali di:**
  BARI, Libreria Laterza S.p.a., via Sparano, 134 - BOLOGNA, Libreria Ceruti, piazza dei Tribunali, 5/F - FIRENZE, Libreria Pirola (Etruria S.a.s.), via Cavour, 46/r - GENOVA, Libreria Baldaro, via XII Ottobre, 172/r - MILANO, Libreria concessionaria «Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato» S.r.l., Galleria Vittorio Emanuele, 3 - NAPOLI, Libreria Italiana, via Chiaia, 5 - PALERMO, Libreria Flaccovio SF, via Ruggero Settimo, 37 - ROMA, Libreria Il Tritone, via del Tritone, 61/A - TORINO, Cartiere Miliani Fabriano - S.p.a., via Cavour, 17;
- **presso le Librerie depositarie indicate nella pagina precedente.**

Le richieste per corrispondenza devono essere inviate all'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Direzione Marketing e Commerciale - Piazza G. Verdi, 10 - 00100 Roma, versando l'importo, maggiorato delle spese di spedizione, a mezzo del c/c postale n. 387001. Le inserzioni, come da norme riportate nella testata della parte seconda, si ricevono in Roma (Ufficio inserzioni - Piazza G. Verdi, 10). Le suddette librerie concessionarie speciali possono accettare solamente gli avvisi consegnati a mano e accompagnati dal relativo importo.

PREZZI E CONDIZIONI DI ABBONAMENTO - 1994

Gli abbonamenti annuali hanno decorrenza dal 1° gennaio al 31 dicembre 1994
i semestrali dal 1° gennaio al 30 giugno 1994 e dal 1° luglio al 31 dicembre 1994

ALLA PARTE PRIMA - LEGISLATIVA

Ogni tipo di abbonamento comprende gli indici mensili

Tipo A - Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi i supplementi ordinari:

- annuale	**L. 357.000**
- semestrale	**L. 195.500**

Tipo B - Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti dei giudizi davanti alla Corte costituzionale:

- annuale	**L. 65.500**
- semestrale	**L. 46.000**

Tipo C - Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti delle Comunità europee:

- annuale	**L. 200.000**
- semestrale	**L. 109.000**

Tipo D - Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata alle leggi ed ai regolamenti regionali:

- annuale	**L. 65.000**
- semestrale	**L. 45.500**

Tipo E - Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata ai concorsi indetti dallo Stato e dalle altre pubbliche amministrazioni:

- annuale	**L. 199.500**
- semestrale	**L. 108.500**

Tipo F - Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi i supplementi ordinari, ed ai fascicoli delle quattro serie speciali:

- annuale	**L. 687.000**
- semestrale	**L. 379.000**

Integrando il versamento relativo al tipo di abbonamento della Gazzetta Ufficiale, *parte prima, prescelto con la somma di* **L. 98.000**, *si avrà diritto a ricevere l'Indice repertorio annuale cronologico per materie 1994.*

Prezzo di vendita di un fascicolo della *serie generale*	**L. 1.300**
Prezzo di vendita di un fascicolo delle *serie speciali I, II e III*, ogni 16 pagine o frazione	**L. 1.300**
Prezzo di vendita di un fascicolo della *IV serie speciale «Concorsi ed esami»*	**L. 2.550**
Prezzo di vendita di un fascicolo *indici mensili*, ogni 16 pagine o frazione	**L. 1.300**
Supplementi ordinari per la vendita a fascicoli separati, ogni 16 pagine o frazione	**L. 1.400**
Supplementi straordinari per la vendita a fascicoli separati, ogni 16 pagine o frazione	**L. 1.400**

Supplemento straordinario «Bollettino delle estrazioni»

Abbonamento annuale	**L. 124.000**
Prezzo di vendita di un fascicolo ogni 16 pagine o frazione	**L. 1.400**

Supplemento straordinario «Conto riassuntivo del Tesoro»

Abbonamento annuale	**L. 81.000**
Prezzo di vendita di un fascicolo	**L. 7.350**

Gazzetta Ufficiale su MICROFICHES - 1994
(Serie generale - Supplementi ordinari - Serie speciali)

Abbonamento annuo mediante 52 spedizioni settimanali raccomandate	**L. 1.300.000**
Vendita singola: per ogni microfiches fino a 96 pagine cadauna	**L. 1.500**
per ogni 96 pagine successive	**L. 1.500**
Spese per imballaggio e spedizione raccomandata	**L. 4.000**

N.B. — Le microfiches sono disponibili dal 1° gennaio 1983. — Per l'estero i suddetti prezzi sono aumentati del 30%

ALLA PARTE SECONDA - INSERZIONI

Abbonamento annuale	**L. 336.000**
Abbonamento semestrale	**L. 205.000**
Prezzo di vendita di un fascicolo, ogni 16 pagine o frazione	**L. 1.450**

I prezzi di vendita, in abbonamento ed a fascicoli separati, per l'estero, nonché quelli di vendita dei fascicoli delle annate arretrate, compresi i fascicoli dei supplementi ordinari e straordinari, sono raddoppiati.

L'importo degli abbonamenti deve essere versato sul c/c postale n. 387001 intestato all'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. L'invio dei fascicoli disguidati, che devono essere richiesti all'Amministrazione entro 30 giorni dalla data di pubblicazione, è subordinato alla trasmissione di una fascetta del relativo abbonamento.

Per informazioni o prenotazioni rivolgersi all'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Piazza G. Verdi, 10 - 00100 ROMA
abbonamenti ☎ (06) 85082149/85082221 - vendita pubblicazioni ☎ (06) 85082150/85082276 - inserzioni ☎ (06) 85082145/85082189

* 4 1 1 2 0 0 0 3 7 1 9 4 *

L. 2.800